

UNIVERSIDAD DE COSTA RICA  
SISTEMA DE ESTUDIOS DE POSGRADO

EFECTO DE DIFERENTES POBLACIONES DE MAIZ (*Zea mays* L.)  
EN LA PRODUCCION DE RAICES DE YUCA (*Manihot esculenta* Crantz)  
AL CULTIVARLOS EN ASOCIO

Tesis sometida a la consideración de la Comisión del Programa Conjunto  
de Estudios de Posgrado en Ciencias Agrícolas y Recursos Naturales de la  
Universidad de Costa Rica y el Centro Agronómico Tropical de  
Investigación y Enseñanza, para optar al grado de

*Magister Scientiarum*

por

**ROGER MENESES R.**

Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza  
Programa de Cultivos Anuales  
Turrialba, Costa Rica  
1980

UNIVERSIDAD DE COSTA RICA  
SISTEMA DE ESTUDIOS DE POSGRADO

EFFECTO DE DIFERENTES POBLACIONES DE MAIZ (Zea mays L.) EN LA PRODUCCION  
DE RAICES DE YUCA (Manihot esculenta Crantz) AL  
CULTIVARLOS EN ASOCIO

Tesis sometida a la consideración de la Comisión  
del Programa Conjunto de Estudios de Posgrado en  
Ciencias Agrícolas y Recursos Naturales de la  
Universidad de Costa Rica y el Centro Agronómico  
Tropical de Investigación y Enseñanza, para optar  
al grado de:

Magister Scientiae

Por

ROGER MENESES RAMIREZ

Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza  
Programa de Cultivos Anuales  
Turrialba, Costa Rica

1980

DEDICATORIA

A mi madre con mucho cariño

A la memoria de mi padre

A mis hermanas

A Ghiselle, mi esposa y a

mis hijos

Paulo César y Esteban,

con amor

## AGRADECIMIENTO

El autor desea expresar su sincero agradecimiento al Dr. Raúl Moreno, Consejero Principal, por sus valiosos consejos y constante preocupación.

Al Dr. Luis A. Navarro por sus oportunas sugerencias y revisión del texto original.

A los Drs. Carlos Burgos y Marcelino Avila por sus consejos y revisión del escrito final.

Al agrónomo Arnoldo Barrantes, al Sr. José Mata y al personal obrero del Campo Experimental "La Montaña" por su valiosa colaboración.

Al Sr. Gustavo López en el procesamiento de los datos.

Al Sr. Eduardo Tencio y al Ing. Roberto Díaz Romeu por su ayuda en el análisis de suelo e interpretación de los mismos.

A los profesores del Programa de Estudios por sus valiosas enseñanzas y consejos.

Al Dr. Jorge Soria, Jefe del Departamento de Cultivos y Suelos Tropicales y al Dr. Pedro R. Oñoro, Jefe del Programa de Cultivos Anuales, posteriormente, por la oportunidad que me brindaron para iniciar y finalizar los estudios de posgrado respectivamente.

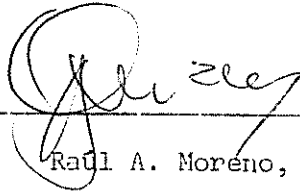
A los Drs. Luis Carlos González y Alvaro Cordero por sus importantes recomendaciones y revisión del texto.

A la Sra. Marjorie Pérez, por su valioso trabajo de mecanografía.

Esta tesis ha sido aceptada en su forma presente por la Comisión del Programa Conjunto de Estudios de Posgrado en Ciencias Agrícolas y Recursos Naturales de la Universidad de Costa Rica y el Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza, como requisito para optar al grado de

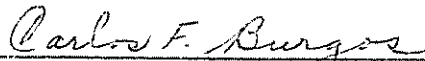
Magister Scientiae

JURADO:



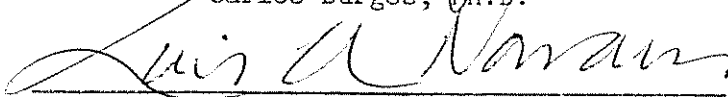
Profesor Consejero

Raúl A. Moreno, Ph.D.



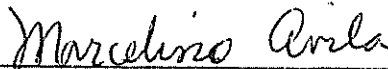
Miembro del Comité

Carlos Burgos, Ph.D.



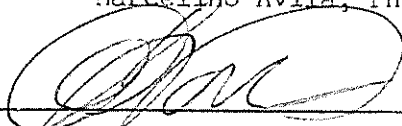
Miembro del Comité

Luis A. Navarro, Ph.D.



Miembro del Comité

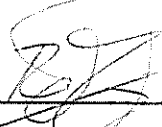
Marcelino Avila, Ph.D.



Coordinador del Programa de Estudios de Posgrado en Ciencias Agrícolas y Recursos Naturales



Coordinador del Sistema de Estudios de Posgrado de la Universidad de Costa Rica



Róger Meneses Ramírez  
Candidato

## BIOGRAFIA

El autor nació en San José, Costa Rica el 19 de setiembre de 1950.

Realizó sus estudios secundarios en el Colegio de San Luis Gonzaga, en la ciudad de Cartago, Costa Rica, obteniendo el título de Bachiller en Ciencias en 1966.

Los estudios universitarios los efectuó en la Universidad de Costa Rica y en la Facultad de Agronomía obtuvo el título de Ingeniero Agrónomo en 1975.

Desde marzo de 1974 ingresó al Ministerio de Agricultura y Ganadería donde tuvo a su cargo la Sección de Agronomía en la Estación Experimental Los Diamantes, en Pococí, provincia de Limón.

A partir de enero de 1977 trabaja en el Programa de Cultivos Anuales del CATIE como Especialista en Manejo de Sistemas de Producción, con énfasis en el cultivo de raíces y tubérculos.

En julio de 1977 ingresó al Programa de Estudios de Posgrado de la Universidad de Costa Rica-Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (UCR-CATIE), graduándose de Magister Scientiae en diciembre de 1980.

## CONTENIDO

	<u>Página</u>
1. INTRODUCCION .....	1
2. REVISION DE LITERATURA .....	3
2.1. Aspectos agronómicos de las asociaciones entre cultivos .....	3
2.2. Aspectos socio-económicos de las asociaciones entre cultivos .....	8
3. MATERIALES Y METODOS .....	10
3.1. Características del suelo y clima del área expe- rimental .....	10
3.2. Manejo del experimento .....	12
3.3. Tratamientos .....	13
3.4. Cosechas .....	17
3.5. Recolección de la información de campo .....	18
3.5.1. Características biológicas por cultivo. ....	18
a. Maíz .....	18
b. Yuca .....	18
3.5.2. Características agronómicas por cultivo.....	19
a. Maíz .....	19
b. Yuca .....	20
3.6. Interacción biológica entre los componentes del..... sistema de producción yuca y maíz .....	20
3.7. Evaluación económica .....	21
4. RESULTADOS Y DISCUSION .....	25
4.1. Condiciones de clima y suelos durante el período.... experimental .....	25
4.2. Aspectos generales de los cultivos .....	30
4.3. Manejo agronómico de los cultivos durante el ensayo.	31
4.4. Variables agronómicas .....	31
4.4.1. Yuca. Variables de rendimiento .....	31
4.4.2. Variables biológicas de la yuca .....	40
4.4.3. Maíz. Variables de rendimiento .....	46
4.4.4. Variables biológicas del maíz .....	48

4.5.	Interacción biológica entre componentes del sistema de producción yuca y maíz .....	49
4.6.	Análisis económico .....	53
5.	CONCLUSIONES .....	65
6.	BIBLIOGRAFIA .....	67
7.	APENDICE .....	74



## RESUMEN

Se estudió el efecto de seis densidades diferentes de población de maíz (cv. Tuxpeño C7 P.3) sobre el rendimiento en raíces de la yuca (cv. Valencia) en el cultivo asociado simultáneo de estas dos especies, bajo dos niveles de fertilización.

El trabajo de campo se realizó en Turrialba (9°53' latitud norte y 83°39' longitud oeste) Costa Rica, a una elevación de 660 m.s.n.m. El suelo del sitio experimental pertenece a la serie Instituto, fase normal, clasificado en el subgrupo Típico Distropepts de la taxonomía de suelos, con drenaje moderado, pH=5,2 y fertilidad regular.

Las densidades de maíz ensayadas fueron 0, 1, 2, 3, 4, y 5 plantas  $m^{-2}$ . La densidad de la yuca se mantuvo constante en 1 planta  $m^{-2}$ . Los niveles de fertilización fueron 120-200-150 (nivel alto) y 90-200-75 (nivel bajo)  $kg\ ha^{-1}$  de N,  $P_2O_5$  y  $K_2O$  respectivamente.

El rendimiento en peso total de raíces y de raíces comerciales de la yuca disminuyó linealmente a medida que aumentó la densidad del maíz con que estaba asociada, hasta una disminución máxima del 50% con la densidad de 5 plantas  $m^{-2}$  de maíz. También el número total de raíces, el de raíces comerciales y el de raíces por planta, disminuyeron significativamente al incrementar la población de maíz. El peso promedio de las raíces también disminuyó en la misma forma. El diámetro del tallo, el largo, y el diámetro de las raíces, mostraron tendencia a disminuir a medida que aumentó la competencia del maíz, pero estas diferencias no resultaron estadísticamente diferentes. Al contrario, la altura total de las plantas de yuca y su altura a la primera bifurcación aumentaron a medida que aumentó la densidad de maíz.

Los niveles de fertilización empleada no modificaron significativamente estas tendencias a disminuir o aumentar.

El número total de raíces resultó significativamente mayor con el nivel bajo de fertilización.

Los rendimientos en grano de maíz, aumentaron según aumentó su densidad de siembra.

Desde el punto de vista de la eficiencia en el uso de la tierra, y según el valor de Rendimiento Relativo Total, en el nivel alto de fertilización, el mejor tratamiento fue la asociación de yuca con 5 plantas de maíz  $m^{-2}$ . En el nivel bajo de fertilización, fue la asociación con 2 plantas de maíz  $m^{-2}$ .

El valor máximo de la producción con los precios de mercado de los productos al momento del análisis, el mayor ingreso neto, la mayor eficiencia en el uso de los recursos mano de obra y capital y la mayor eficiencia económica total, se obtuvo con la asociación de yuca con 2 plantas  $m^{-2}$  en el nivel bajo de fertilización.

## SUMMARY

Maize (cv. Tuxpeño PB-C7) was intercropped with cassava (cv. Valencia) to assess the effect of different maize populations on cassava root yield with two levels of fertilization.

The experiment was conducted at Turrialba, (9°53' Lat. N and 83° 39' Long. W) Costa Rica at approximately 600 masl. The soils of the field plot area have been classified as in the Rocky Phase of the Instituto soil series and in the Inceptisol order and Tropepts sub-order. Drainage is moderate, pH=5.2 and fertility is medium.

Maize populations were 0, 1, 2, 3, 4 and 5 plants  $m^{-2}$ . Cassava density was kept constant at 1 plant  $m^{-2}$ . Fertilization rates were 120-200-150 (high) and 90-200-75 (low)  $kg\ ha^{-1}$  of  $N$ ,  $P_2O_5$  and  $K_2O$  respectively.

Total root weight, market size root weight, total number of roots, number of market size root, number of roots/plant and average root weight were significantly reduced as maize planting density was increased. A maximum of 50% root yield reduction was registered in cassava associated with 5 maize plants  $m^{-2}$ . Stem diameter, root length and root diameter decreased with increased maize competition but this reduction was not statistically significant.

Levels of fertilization did not significantly modify this tendency to decrease cassava yields as maize population increased. However total number of roots was higher at the low level of fertilization as maize population increased from 1 up to 5 plants  $m^{-2}$ .

Maize yield increased as a response to its planting density.

At the high level of fertilization and according with the Total Relative Yield Index, cassava intercropped with 5 plants  $m^{-2}$  was the most efficient in terms of land use. At the low level of fertilization, cassava associated with 2 plants  $m^{-2}$  was most efficient.

Intercropping cassava with 2 plants  $m^{-2}$  of maize resulted in the highest maximum value of production, net income, total economic efficiency, labor and capital efficiency.

LISTA DE CUADROS

Cuadro #		<u>Página</u>
1	Cantidades y dosis ( $\text{kg ha}^{-1}$ ) de fertilizante aplicado a seis densidades de maíz en asocio con yuca, según época y nivel de fertilización usado. Turrialba, Costa Rica, 1979.....	15
2	Áreas totales por parcela, áreas útiles por cultivo, distanciamientos y densidades de siembra de yuca y maíz. Turrialba, Costa Rica, 1979.....	16
3	Rendimiento total y comercial de plantas de yuca cultivadas en monocultivo y en asociación con diferentes densidades de maíz bajo dos niveles de fertilización. Turrialba, Costa Rica, 1979.....	32
4	Valores promedios de algunas variables agronómicas de maíz sembrado a diferentes densidades de población en asociación con yuca. Turrialba, Costa Rica, 1979. ...	50
5	Rendimiento relativo total (RRT) de seis sistemas de cultivo con yuca y maíz en dos niveles de fertilización. Turrialba, Costa Rica, 1979.....	51
6	Costo total (CT), ingreso bruto (IB), ingreso neto (IN), costo efectivo (CE), CE/1000 IN y N° de jornales/1000 IN de diferentes combinaciones entre maíz y yuca bajo dos niveles de fertilización. Turrialba, Costa Rica, 1979.....	55
 Apéndice		
A1	Cronograma de las principales actividades agronómicas.	75
A2	Condiciones climáticas promedio durante el período experimental (junio 1978 a junio 1979). Turrialba, Costa Rica, 1979.....	76
A3	Condiciones climáticas promedio de la región de Turrialba, Costa Rica desde la iniciación de las observaciones hasta el año 1979.....	77
A4	Clasificación, características físicas y químicas del suelo en el área experimental. Turrialba, Costa Rica, 1979.....	78
A5	Características químicas del suelo antes de la siembra del ensayo. Turrialba, Costa Rica. 1979.....	79

## Cuadro # (Apéndice)

Página

A6	Características químicas del suelo a la cosecha del maíz y a la cosecha de la yuca. Turrialba, Costa Rica. 1979.	80
A7	Promedio de las variables agronómicas de yuca en los dos niveles de fertilización. Turrialba, Costa Rica. 1979.	81
A8	Cuadrados medios, coeficientes de variación y promedios de las variables agronómicas de yuca para los distintos tratamientos.....	82
A9	Cuadrados medios, coeficientes de variación y promedios de las variables agronómicas de maíz para los distintos tratamientos.....	83
A10	Peso seco en gramos de hojas, tallos, raíces y total de plantas de yuca muestreada a los 360 días, de tres plantas de maíz muestreado a los 100 días y peso seco total del sistema.....	84
A11	Mano de obra utilizada en horas-hombre/ha en seis sistemas con yuca y maíz en dos niveles de fertilización.....	85
A12	Costos fijos para seis sistemas con yuca y maíz en dos niveles de fertilización. Turrialba, Costa Rica. 1979.	86
A13	Costos de mecanización e insumos de seis sistemas con yuca y maíz en dos niveles de fertilización. Turrialba, Costa Rica, 1979.....	87
A14	Costos totales en colones ha <sup>-1</sup> de seis sistemas de cultivo con yuca y maíz en dos niveles de fertilización. Turrialba, Costa Rica, 1979.....	88
A15	Rendimiento en TM ha <sup>-1</sup> , valor de la producción y beneficio neto de los tratamientos estudiados. Turrialba, Costa Rica, 1979.....	89

LISTA DE FIGURAS

Figura #		<u>Página</u>
1	Condiciones climáticas promedio de varios años de la zona experimental; temperatura °C (1958-1977); precipitación mm (1944-1977); humedad relativa % (1957-1977); Turrialba, Costa Rica.....	11
2	Distribución espacial de seis densidades de maíz en asociación con yuca. D0; D1; D2; D3, D4, D5 corresponden a 0, 1, 2, 3, 4, 5 plantas de maíz m <sup>-2</sup> .....	14
3	Condiciones climáticas durante el período experimental. Turrialba, -1979.....	26
4	Relación entre el rendimiento de yuca y la densidad de plantas de maíz.....	34
5	Relación entre el rendimiento y la densidad de plantas de maíz.....	47
6	Rendimiento relativo total (RRT) de seis combinaciones de yuca y maíz bajo dos niveles de fertilización (a= alto y b= bajo). Las líneas sólidas son los rendimientos de los componentes y la línea interrumpida es el rendimiento relativo total del sistema.....	52
7	Combinación de máximo valor en la producción de yuca y maíz: en el nivel alto de fertilización (a); en el nivel bajo (b) y con los dos niveles (c).....	57
8	Combinación óptima de los recursos mano de obra y capital de seis sistemas de cultivo con yuca y maíz: en el nivel alto de fertilización (a); en el nivel bajo (b) y en los dos niveles (c).....	60
9	Eficiencia económica total de seis sistemas de cultivo con yuca y maíz: en el nivel alto de fertilización (a); en el nivel bajo (b) y en los dos niveles (c).....	62

## 1. INTRODUCCION

La yuca es una de las especies cultivadas más importantes del trópico. Posee una alta producción potencial de energía en forma de carbohidratos a un costo relativamente bajo. Sin embargo, considerando el factor comercialización, la producción de yuca en América Central, es una actividad caracterizada por la incertidumbre en el ingreso a obtener.

Las asociaciones o sucesiones entre especies anuales, constituyen sistemas de producción que se emplean en el trópico con el propósito fundamental de disminuir los riesgos ecológicos y económicos que están siempre involucrados en la actividad agrícola. Así, la yuca y el maíz, son componentes que se cultivan asociados principalmente en condiciones de agricultura en pequeña escala, donde el factor riesgo es uno de los determinantes más importantes de los sistemas de producción a usar.

Para un agricultor que desea producir yuca, su intercultivo con maíz va a modificar el rendimiento de raíces en una forma teóricamente proporcional al grado de competencia por recursos que signifique el maíz. El número de plantas de maíz por unidad de superficie es uno de los factores importantes que influyen el grado de competencia que ejerce el maíz sobre la yuca. Además, esta competencia entre cultivos estará afectada por el manejo.

Este trabajo se realizó con el propósito de:

- Conocer el efecto que poblaciones crecientes de maíz tienen sobre el rendimiento de una población fija de yuca cuando se asocian.

- Averiguar si este efecto es igual en diferentes niveles de tecnología, determinados principalmente por el nivel de fertilización a la yuca.
- Analizar los efectos de esta competencia en la selección de la asociación económicamente más eficiente bajo diferentes situaciones de decisión.



## 2. REVISION DE LITERATURA

### 2.1. Aspectos agronómicos de las asociaciones entre cultivos

En términos generales, en las asociaciones de cultivos, se hace un uso más intenso de los recursos disponibles para producir. Existe mayor duración de área foliar, por lo tanto se mantiene la actividad fotosintética por tiempo más largo, se intercepta más luz y se usa mayor cantidad de nutrientes y agua (77). Sin embargo, la competencia entre los cultivos que están en asocio, puede traer como consecuencia la reducción en los rendimientos de ambas especies en algunos casos, (inhibición mutua), el aumento en otros casos (cooperación mutua) o la reducción en el rendimiento de un cultivo mientras el otro aumenta (compensación).

La competencia entre cultivos se establece principalmente por los factores luz, nutrientes y agua (78).

En el caso específico de la asociación de yuca y maíz es necesario considerar un análisis del crecimiento de estas especies en monocultivo para de allí inferir posibles efectos de la asociación en cada componente en particular.

En el maíz, las hojas nuevas se producen en un punto de crecimiento único, situado en el ápice del tallo. El desarrollo foliar a partir del ápice se intensifica a partir de los 25 días y se detiene en el momento de la antesis. Las raíces, se desarrollan rápidamente y alcanzan un tamaño de 60-70 cm a los 30 días, de tal forma que, a los 60 días, han alcanzado una profundidad de 70-80 cm y un radio de 70 cm (65).

La yuca, por el contrario, es más lenta en su crecimiento inicial, de manera que solo a los 75 días se considera que la planta se ha establecido. Es decir, que ya cuenta con superficie foliar, pero el sistema radical apenas alcanza 50 cm de profundidad. En este momento se inicia la ramificación y el desarrollo de un gran número de hojas sobre los tallos y las ramas (49).

Con respecto a la competencia por nutrientes, algunos investigadores (22, 49) opinan que la yuca puede sobrevivir en condiciones de baja fertilidad de suelo, inclusive en suelos ácidos y de poca humedad, en donde otros cultivos, como el maíz, no lo podrían hacer.

Algunos autores han probado que la yuca extrae gran parte de los nutrimentos requeridos durante los primeros cinco meses de vida, compitiendo por ellos durante este período, cuando se encuentra en asocio con otras especies, especialmente el maíz.

En cuanto a radiación solar, ésta se mantiene igual entre las hileras de la yuca y en el exterior, hasta los 70 días (35); esto hace pensar en un posible grado de complementación entre la yuca y otros cultivos por el uso de luz, a lo menos hasta los 70 días después de plantada.

Con respecto a la competencia por agua, se considera a la yuca como un cultivo tolerante a la sequía (79) mientras que el maíz no lo es (3). Zandstra (79) opina que aunque se suponga que la yuca es tolerante a la sequía, el efecto de ésta en el rendimiento, es considerablemente importante y por ello debe estudiarse bien la duración del ciclo vegetativo y la época de siembra. Esto, con el fin de hacer coincidir la época en que se inicia la formación de raíces con el momento en que se presenta el período de lluvias más intenso.

A pesar de los posibles efectos negativos en cada uno de los integrantes de la asociación yuca-maíz, esta asociación de cultivos se practica en diversos lugares del mundo y se ha realizado, hasta el momento, cierta cantidad de investigación al respecto.

En América Central, la yuca se cultiva asociada a especies anuales tales como maíz, frijol común (*Phaseolus vulgaris* L.), arroz (*Oryza sativa*) y camote (*Ipomoea batata* L.), especialmente en fincas de pequeños agricultores (18, 51, 73, 79).

Según una encuesta realizada en Colombia, que incluyó el 80% del área productora de yuca de ese país, una tercera parte de los agricultores entrevistados cultivaban yuca intercalada. El maíz era el cultivo que más frecuentemente se intercalaba entre la yuca, seguido en importancia por plátano, café, ñame y frijol (25).

La asociación de yuca y maíz puede tener variantes. Algunas veces se hace la siembra simultánea al comienzo de la estación lluviosa. En otros casos, la yuca se planta cuando el maíz alcanza su madurez fisiológica, para lo cual se cortan las hojas inferiores y la flor masculina (51).

La mayoría de los ensayos de campo en donde se ha estudiado estos cultivos en asociación, resultan en reducciones del rendimiento de yuca entre 20 y 58% al compararse con su cultivo individual. El maíz también disminuye su rendimiento en asociación, pero los datos son menos consistentes y su rendimiento en asocio parece estar relacionado con su velocidad de crecimiento inicial, (16, 31, 51, 61).

Los estudios que informan de varios años de cultivo asociado de estas especies, pueden considerarse con mayor seguridad como representativos de la relación yuca-maíz. Así, en el período comprendido entre 1971 y 1978 se determinó que la yuca en promedio redujo su

rendimiento en un 54% al pasar de 16,8 ton ha<sup>-1</sup> en monocultivo a 7,8 ton ha<sup>-1</sup> en asocio con maíz. Este último cultivo rindió en promedio 2,8 ton ha<sup>-1</sup>, lo cual significa un 6% de reducción con relación a su monocultivo (2,9 ton ha<sup>-1</sup>), (51).

La disminución en el rendimiento de yuca al cultivársela en asocio con maíz, puede atribuirse en parte a una disminución en el número total de raíces por planta que ocurre en el cultivo asociado, tal como lo señalan algunos autores (31, 33).

Aparentemente, los caracteres morfológicos de las variedades, tanto de maíz como de yuca, son factores importantes que modifican el comportamiento de la asociación. En Honduras (13) se evaluaron dos variedades de yuca de diferentes características morfológicas, dos variedades de maíz igualmente diferentes en su morfología y dos densidades de población para este último. Se concluyó que para la asociación de estas dos especies, el arreglo espacial debe estar basado en las características morfológicas de los componentes del sistema. También se informa que el incremento en la densidad de maíz de 5,5 plantas m<sup>-2</sup> significó un aumento en el rendimiento del 18% en este cultivo mientras que el de la yuca disminuyó en un 21%.

En otro experimento, realizado también en Honduras, se determinó que el maíz rindió igual en monocultivo que asociado a la yuca, mientras que la yuca solo produjo un 44% con relación a su monocultivo (15).

El manejo, principalmente fertilización, es otro factor que se ha citado como importante para modificar el comportamiento de la asociación yuca-maíz. Se ha informado que con fertilizaciones relativamente altas, la combinación yuca-maíz es más eficiente que sus respectivos monocultivos (69). Sin embargo, en terrenos recién habilitados para la labranza, no se encontró respuesta de la asociación yuca-maíz a la fertilización con N (58).

Además de las asociaciones entre yuca y maíz, también se han asociado estos dos componentes con otras especies tales como frijol común, frijol lima (*Phaseolus lunatus*) y arroz para conformar diversos sistemas policulturales de producción (36, 59, 66). El rendimiento de la yuca no se redujo significativamente al intercultivarla con maíz sembrado un mes después que la yuca, pero al agregar frijol lima o frijol común a la mezcla, reduce los rendimientos de la yuca en 30%. El maíz, intercalado un mes después de plantada la yuca, registró una disminución de 60% de su rendimiento al comparársele con su cultivo individual (66).

En otros experimentos llevados a cabo en Turrialba (69) se estudió la competencia entre los cultivos yuca, maíz, frijol y arroz plantados simultáneamente. Los rendimientos de la yuca disminuyeron con relación al monocultivo 66% con el cultivar "Mangí" y 61% con el cultivar "Valencia". El arroz no ejerció ninguna competencia sobre la yuca. El maíz y frijol alcanzaron rendimientos de 2,3 y 0,9 ton ha<sup>-1</sup> respectivamente. Ese autor concluyó que hubo una disminución del 50% con respecto a lo esperado para las condiciones locales.

También los sistemas policulturales que incluyen yuca y maíz resultan afectados por el manejo. En Turrialba, se indica que la deshierba y la fertilización incrementaron los rendimientos del maíz y de la yuca, pero no los del frijol común, cuando se plantaron simultáneamente. La yuca disminuyó significativamente su rendimiento con respecto al monocultivo, mientras que la disminución en el rendimiento del maíz no resultó significativa. El beneficio económico de los policultivos fue significativamente más alto que el de los monocultivos respectivos (36).

## 2.2. Aspectos socio económicos de las asociaciones entre cultivos

Hay sistemas de producción de cultivos, que incluyen asociaciones entre especies, que representan gran beneficio potencial para agricultores de recursos escasos en las regiones tropicales (37).

La yuca y el maíz, son cultivos de poco riesgo desde el punto de vista agronómico en el sentido de que siempre aportan cierta cantidad de cosecha, dentro de un amplio rango de condiciones ambientales (14). En la mayoría de los países de América Central, el maíz tiene un precio establecido, pero la yuca no. Así, se ha señalado (51) que las fluctuaciones de precio de la yuca en los mercados de Centroamérica hacen de su producción un negocio riesgoso. Una forma de disminuir el riesgo de mercado puede encontrarse en el cultivo asociado. Este, adiciona la posibilidad de obtener rendimientos de otro cultivo cuya variación de precio sea compensatoria a aquella de la yuca.

Hart (37) afirma que el rendimiento individual de algunos cultivos en asociación disminuye comparado con los monocultivos respectivos, sin embargo la tasa de retorno total de dinero por hectárea es mayor que la del monocultivo.

Navarro (54) recuerda que la decisión de un agricultor para seleccionar su sistema de producción de cultivos, se basa principalmente en consideraciones económicas y que dentro de las restricciones que le impone el ambiente, trataría de optimizar el uso de los recursos disponibles. También señala que en la evaluación de sistemas de producción, es importante observar la sensibilidad del ingreso neto frente a las fluctuaciones de precio de los productos como un índice de riesgo del mercado, para así identificar los sistemas más estables.

La evaluación de sistemas debe medir además, el retorno a los factores que pueden ser limitantes. Shenk et al (67) opinan que esta forma de comparar sistemas es de gran utilidad para comprender además los parámetros que considera el pequeño productor en su toma de decisiones.

Los agricultores de menores recursos, al seleccionar entre alternativas de manejo para su sistema de producción, buscan aquellas que permitan un beneficio neto más alto. Pero también se considera el riesgo implícito con el propósito de seleccionar aquellas alternativas que permitan reducirlo al máximo.

Varios autores (30, 62, 67) recomiendan la técnica del presupuesto parcial o total y la retribución a los factores limitantes así como su variabilidad, para evaluar y seleccionar entre sistemas alternativos.

La combinación óptima de insumos que el agricultor impone en el cultivo asociado depende tanto del precio de los insumos como de los productos. El incremento en el uso de cada uno de éstos, llegará al óptimo en el momento en que el valor del producto marginal sea igual a su precio (30).

### 3. MATERIALES Y METODOS

#### 3.1. Características del suelo y clima del área experimental

El experimento se localizó en el campo experimental "La Montaña", del Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE), Turrialba, Costa Rica. Se encuentra a una elevación de 602 m.s.n.m., a 9° 52' 45" de latitud norte y 83° 39' 28" de longitud oeste.

Los suelos del área son de origen aluvial fluvio-lacustre y pertenecen a la serie Instituto Arcilloso, fase normal. El drenaje interno varía de normal a impedido y el nivel de fertilidad de mediano a bajo. De acuerdo con la Séptima Aproximación, corresponden a suelos del subgrupo Typic Distropepts y al orden Inceptisol (1).

El clima es caliente y húmedo, con temperatura media anual de 22,2°C (promedio de 20 años, 1958-1977), la máxima 26,9°C y la mínima 17,6°C; la precipitación media anual es de 2673,8 mm (promedio de 34 años, 1944-1977), con un promedio de 251 días anuales de lluvia. La distribución de las lluvias presenta una máxima en junio y otra en diciembre, con un período seco corto en marzo. El brillo solar diario es de 4,5 horas de sol y la humedad relativa es de 87,4% (promedio de 21 años, 1957-1977) (Figura 1).

Holdridge (38) clasifica esta región dentro de la zona de vida denominada Bosque muy húmedo Premontano.

El análisis químico del suelo del área experimental, se realizó en el laboratorio de suelos del CATIE, utilizando la metodología descrita por Díaz-Romeu y Hunter (26). Se analizó el pH, acidez extraíble, K, Ca, Mg, y P al inicio, a la cosecha del maíz y a la cosecha



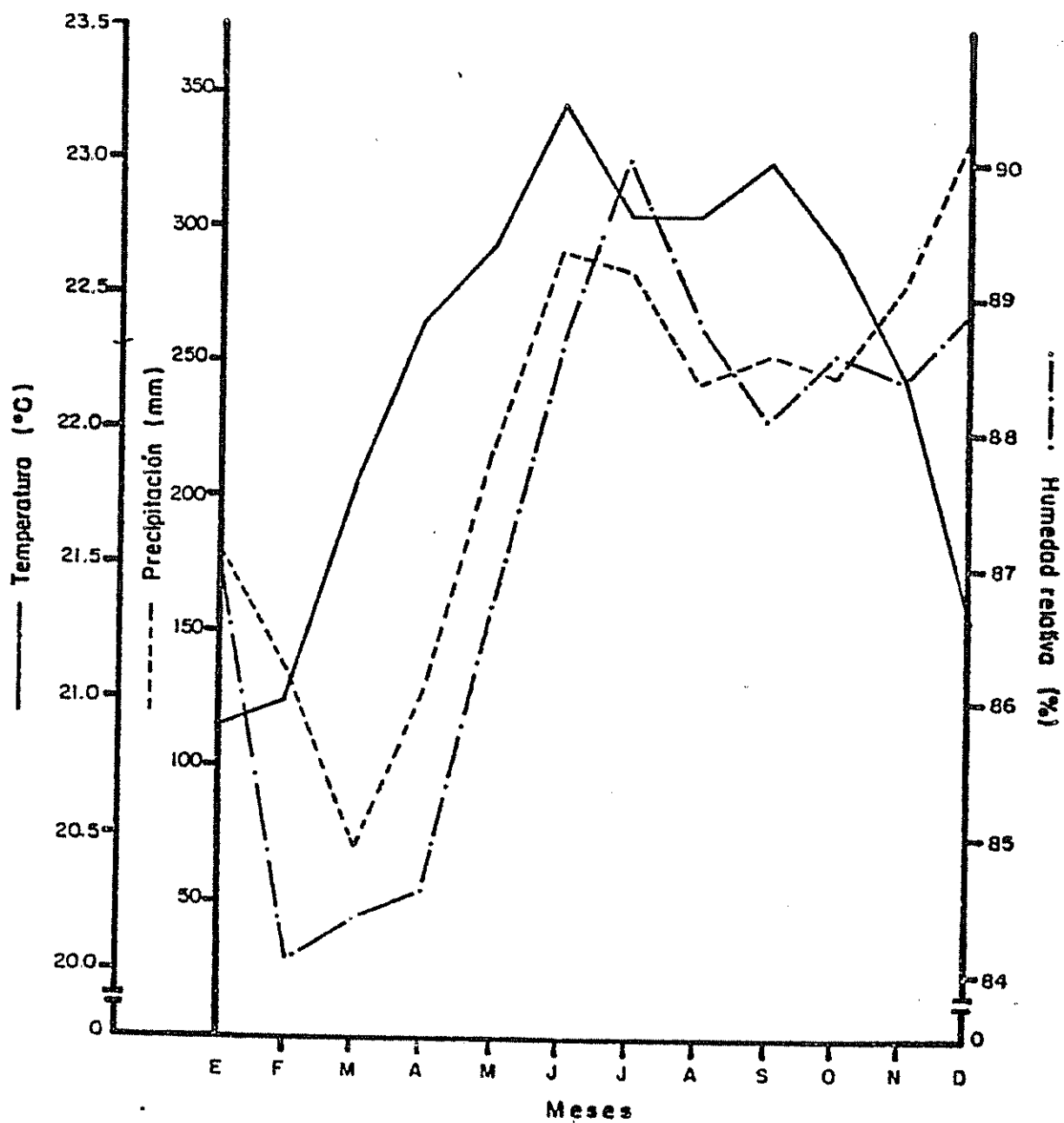


Fig. 1 Condiciones climáticas promedio de varios años de la zona experimental; temperatura °C (1958-1977); precipitación mm (1944-1977); humedad relativa % (1957-1977); Turrialba, Costa Rica

de la yuca, con 20 submuestras por parcela a la profundidad de 0-20cm en el segundo y tercer análisis. El primer muestreo que se hizo, tuvo como finalidad determinar la homogeneidad del campo experimental. La técnica seguida consistió en dividir el terreno en cuatro secciones. En cada cuarto se tomó una muestra compuesta de veinte submuestras y en el centro se tomó una quinta. Se empleó un barrenó tipo holandés. En los muestreos posteriores, se tomó una muestra compuesta de diez submuestras por cada parcela. La profundidad de muestreo fue de 0-20 y de 20-40 cm.

### 3.2. Manejo del experimento

Antes de la siembra, se aró el terreno a 25 cm de profundidad aproximadamente, se rastreó dos veces y para completar el desmenuzamiento del terreno se pasó un azadón rotativo<sup>1/</sup>.

La siembra de yuca se hizo con estacas de 25 cm de largo, plantadas con una inclinación de 45° aproximadamente, el 31 de mayo de 1978.

El maíz se sembró con espeque<sup>2/</sup> un día después de la yuca. Se empleó el doble de semillas necesario, con el fin de ralea al cabo de 30 días al número de plantas por golpe deseado. El arreglo espacial de los cultivos fue de surcos alternos, como se observa en la figura 2.

---

1/ Rotovator

2/ Implemento de madera que posee un extremo en forma cónica y que se usa manualmente para abrir hoyos en el suelo, con el propósito de depositar la semilla.

El cultivar de yuca fue "Valencia", de porte mediano y tallo erecto, con un ciclo vegetativo de 10 a 11 meses. El maíz empleado fue el cultivar Tuxpeño Crema Planta Baja C-7, de grano blanco y cremoso, con ciclo vegetativo de cuatro meses.

El control de plagas y malezas se especifica en el Cuadro 1. La fertilización se especifica en la descripción de los tratamientos.

En el Cuadro 1 también se presenta el orden cronológico de las principales labores y actividades registradas durante el período experimental.

### 3.3. Tratamientos

Se estudió el efecto de seis densidades de siembra del maíz ( $D_0$ ..... $D_5$ ) que corresponden a 0, 1, 2, 3, 4 y 5 plantas  $m^{-2}$ , respectivamente, intercaladas entre las hileras de yuca. Esta última se mantuvo siempre a 1 planta  $m^{-2}$  (Fig. 2). Se emplearon dos niveles de fertilización (FA y FB) que corresponden a 90-200-75  $kg\ ha^{-1}$  de N, P y  $K^{1/}$  respectivamente para FB y 120-200-150  $kg\ ha^{-1}$  de estos mismos elementos, respectivamente para FA.

La distribución del fertilizante en el monocultivo de yuca se hizo a una distancia de 25 cm del surco de siembra y a ambos lados. En el caso de la asociación con maíz, también se colocó a 25 cm del surco de yuca, de tal forma que la distancia al maíz también fue de 25 cm. La primera fertilización se hizo al momento de la emergencia

---

1/ Los símbolos de P y K corresponden a  $P_2O_5$  y  $K_2O$  respectivamente.

En adelante se empleará esta misma forma simplificada.

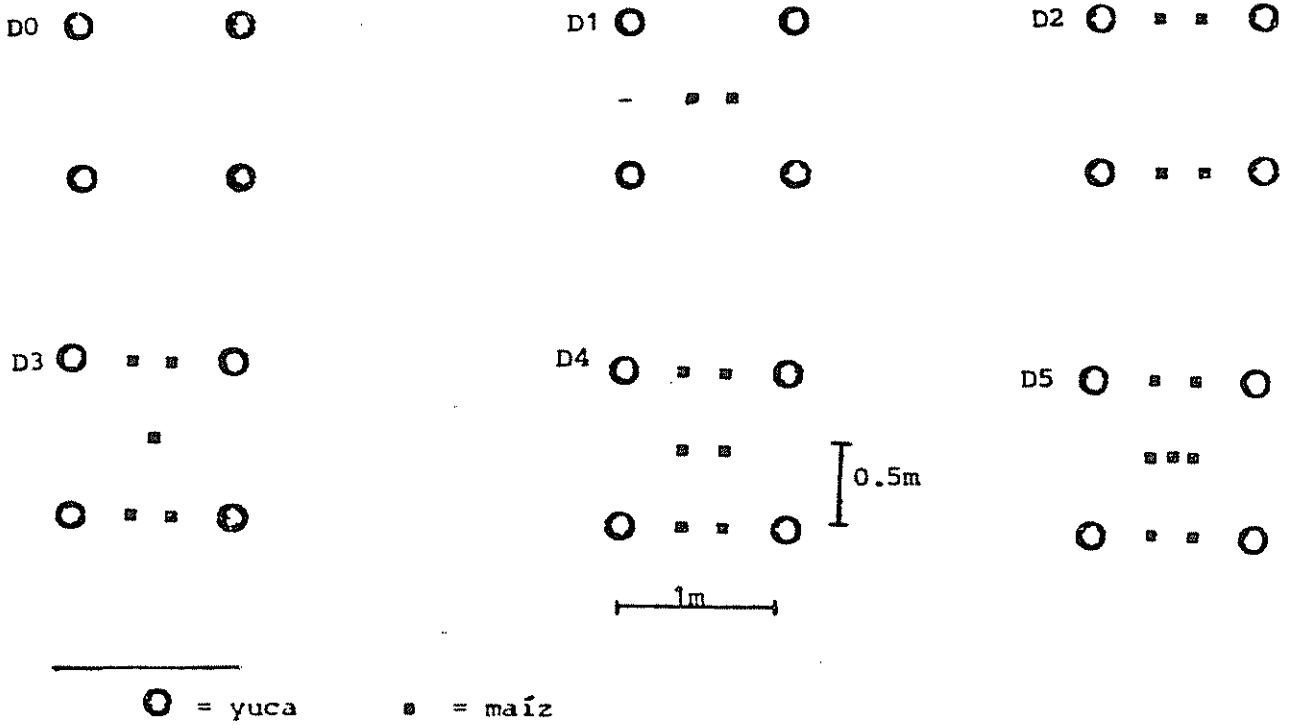


Fig. 2. Distribución espacial de seis densidades de maíz en asociación con yuca. D0, D1; D2; D3; D4 y D5 corresponden a 0, 1, 2, 3, 4, 5 plantas de maíz  $m^{-2}$ .

Cuadro 1. Cantidades y dosis ( $\text{kg ha}^{-1}$ ) de fertilizante aplicado a seis densidades de maíz en asoció con yuca, según época y nivel de fertilización usado. Turrialba, Costa Rica. 1979.

Epoca de aplicación <sup>1/</sup>	Fuente	Dosis	Nivel bajo			Dosis	Nivel alto		
			N	P	K		N	P	K
I	10-30-10	400	40	120	40	400	40	120	40
	$\text{NH}_4 \text{NO}_3$	149	50			239	80		
II	Triple Super fosfato	174		80		174		80	
	Cloruro de potasio	58			35	183			110
	Total		90	200	75		120	200	150

1/ Días después de la siembra del maíz

2/ P equivale a  $\text{P}_2\text{O}_5$ ; K equivale a  $\text{K}_2\text{O}$

Cuadro 2. Áreas totales por parcela, áreas útiles por cultivo, distanciamientos y densidades de siembra de yuca y maíz. Turrialba, Costa Rica. 1979

Símbolos 1/ de los sistemas	Área total/ parcela (m <sup>2</sup> )	Cultivos <sup>2/</sup>	Área útil por cultivo (m <sup>2</sup> )	Distanciamiento Entre hileras (m)	Distanciamiento Dentro hileras (m)	Número de Plantas/ golpe	Densidad de siembra (plantas m <sup>-2</sup> )
D0	50	Y	27	1	1	1	1
D1	50	Y	27	1	1	1	1
D2	50	M	24	1	2	2	1
		Y	27	1	1	2	1
D3	50	M	27	1	1	2	2
		Y	27	1	1	1	1
D4	50	Y	27	1	1	1	1
		M	28,5	1	0,5	2 y 1	3
D5	50	Y	27	1	1	1	1
		M	28,5	1	0,5	2	4
D5	50	Y	27	1	1	1	1
		M	28,5	1	0,5	3 y 2	5

1/ D0....D5 = 0, 1, 2, 3, 4, y 5 plantas maíz m<sup>-2</sup>

2/ Y = yuca; M = maíz

del maíz, en aplicación uniforme y se emplearon  $400 \text{ kg ha}^{-1}$  de la fórmula completa conocida comercialmente como 10-30-10.

La segunda fertilización se hizo después de 45 días de la siembra y en ella se emplearon materiales individuales para cada elemento. La cantidad empleada dependió del nivel de fertilización en estudio y de la cantidad que restaba después de la primera fertilización (Cuadro 1).

El diseño experimental utilizado fue bloques al azar y cuatro repeticiones, en un arreglo factorial de  $6 \times 2$ . El tamaño de la parcela experimental total, de la parcela útil y las distancias de siembra se detallan en el Cuadro 2.

#### 3.4. Cosechas

Los cultivos se cosecharon manualmente. El maíz se cosechó a los cuatro meses en mazorca y luego se desgranó para referir su peso al 12% de humedad. La humedad del grano a la cosecha se midió con determinador<sup>2/</sup>. Para el cálculo final del rendimiento al 12% de humedad se utilizó la fórmula  $Pf = Ph \frac{(100-Ho)}{100-Hf}$  donde Ph = peso de grano a la cosecha con la humedad de campo, Ho = humedad (%) del grano a la cosecha; Hf = humedad (%) deseada.

La cosecha de la yuca se hizo a los 384 días, utilizando las plantas de la parcela útil.

---

<sup>2/</sup> "Dickey John Moisture Tester"

### 3.5. Recolección de la información de campo

#### 3.5.1. Características biológicas por cultivo

##### a. Maíz

Biomasa total y sus partes: la biomasa total, así como la correspondiente a tallos, hojas y mazorcas completas se obtuvo de tres plantas por parcela útil a los 110 días. Cada órgano se pesó por separado. Para facilitar su secado se picaron y colocaron en una estufa a 70°C hasta alcanzar peso constante. El peso seco por planta incluye el peso de las hojas, tallo y mazorca completa, sin incluir el peso de las raíces.

Peso seco de granos comerciales: este dato se obtuvo a partir del peso seco de los granos de las mazorcas sanas obtenidas de cada parcela útil.

Índice de cosecha (modificado): se obtuvo mediante la relación entre el peso seco de los granos de las mazorcas sanas por planta y el peso seco total por planta, sin incluir las raíces.

##### b. Yuca

Altura y diámetro del tallo: la altura de la planta total se midió en 10 plantas de la parcela útil al momento de la cosecha y a partir del suelo hasta el promedio de las hojas más altas.

En las mismas 10 plantas, se tomó el diámetro de los tallos presentes en cada planta, utilizándose un calibrador. Esta medida se hizo en la mitad de la distancia comprendida entre la estaca madre y la primera bifurcación.



Altura de la ramificación primaria: la altura a la primera ramificación se indicó desde el suelo y en todos los tallos de cada planta, para obtener un promedio de altura por planta.

Biomasa total y de sus partes: la biomasa total, así como la correspondiente a hojas y pecíolos, tallos y raíces se obtuvo de tres plantas por parcela útil a los 360 días. Los componentes de cada grupo, se partieron en trozos para facilitar su secado y se colocaron muestras de cada uno en estufa a 70°C hasta peso constante, para determinar su contenido de materia seca y poder expresar el peso seco total de cada órgano.

Índice de cosecha: para obtener este índice en yuca se dividió el peso seco de las raíces incluyendo su cáscara entre el peso seco total por planta en el momento de la cosecha. El valor, multiplicado por 100, proporciona el resultado en porcentaje.

Razón de peso foliar: la razón de peso foliar es la relación entre el peso seco del follaje y el peso seco total por planta al momento de la cosecha. Representa la porción de la biomasa que fue invertida en la producción de hojas. El resultado se multiplica por 100 para expresarlo en porcentaje.

Longitud y diámetro de la raíz: a 25 raíces tomadas al azar se les midió su longitud y el diámetro utilizando un metro y un vernier.

### 3.5.2. Características agronómicas por cultivo

#### a. Maíz

Número de plantas: se contó el número de plantas presentes en la parcela útil en el momento de la cosecha.

Número total de mazorcas: este dato se obtuvo por la suma de las mazorcas sanas y enfermas.

Rendimiento de grano comercial por hectárea: este peso se calculó a partir de la producción de granos de las mazorcas sanas por parcela útil.

#### b. Yuca

Número de plantas y de tallos: se hizo por conteo del número de plantas y tallos en la parcela útil al momento de la cosecha.

Rendimiento de raíces comerciales, no comerciales y total: para obtener este dato se clasificaron las raíces de acuerdo a las exigencias del mercado local de Turrialba y se pesaron en fresco. Este peso se obtuvo de 27 plantas de la parcela útil.

Contenido de almidón: para determinar este parámetro se tomaron cinco raíces comerciales. A cada raíz se le cortó un trozo cilíndrico de la parte central y a cada uno de estos trozos se les determinó su peso y su volumen por desplazamiento hidrostático, con lo cual fue posible obtener su densidad. Con este valor de densidad radical se obtuvo el contenido de almidón utilizando una tabla de equivalencias (20).

### 3.6. Interacción biológica entre los componentes del sistema yuca y maíz.

Para evaluar el efecto que tiene la interacción entre plantas sobre el rendimiento de los cultivos componentes de un sistema, se usó el "Rendimiento Relativo Total" (RRT) que es la suma de los rendimientos relativos de todas las especies que crecen simultáneamente.

El rendimiento relativo es la proporción entre el rendimiento de la especie en la mezcla y el rendimiento de la especie en el cultivo puro a densidad óptima.

$$RRT = \sum_{i=1}^n \frac{R_{ciM}}{R_{ciP}} \dots \frac{R_{cnM}}{R_{cnF}}$$

$i = 1, 2, 3, \dots, m$   
 $n =$  número de cultivos  
 $M =$  mezcla de cultivos  
 $P =$  cultivo puro  
 $c =$  cultivo

Debido a que en los tratamientos de este experimento no se incluye el monocultivo de maíz, se consideró como equivalente el rendimiento obtenido en la asociación de yuca con 4 plantas  $m^{-2}$  de cada nivel de fertilización.

### 3.7. Evaluación económica

Se utilizaron diversos índices para evaluar económicamente los diferentes tratamientos y seleccionar los más eficientes bajo las diversas situaciones de decisión posibles. Las situaciones consideradas son:

- Necesidad de producción estricta de alimentos, sin consideración a costos o valor del producto. Se utilizó el modelo producto-producto, de curvas de isorecurso, o frontera de producción combinada de yuca y maíz  $ha^{-1}$ . Se seleccionó la combinación que signifique más biomasa comestible.
- Limitación de mano de obra o capital o ambos. Se utilizó el modelo factor-factor, de isocuanta o necesidad de factor por cierta cantidad de retorno neto. Se seleccionó la combinación de menos costo en término de ambos recursos, la más eficiente en su utilización conjunta.

- Limitación en tierra. Se utilizó el modelo producto-producto por ha. Se seleccionó la combinación que produce el valor máximo de producción por ha.
- Eficiencia económica total. En caso de no restricción, la decisión será por los sistemas más eficientes en el uso conjunto de los recursos. La evaluación se hace entonces en términos del modelo producto-producto o frontera de producción por cierto valor de recursos. Se seleccionó la combinación que proporciona el mayor retorno para esa cantidad de recursos.

La evaluación económica se hizo por sistema de cultivo y para cada nivel de fertilización. Se consideró el análisis de beneficios y costos a través de las siguientes variables:

- Costos de producción (CT): es la suma de los costos variables (CV) y los costos fijos (CF).  
Se emplearon los precios de los insumos y recursos vigentes en Turrialba durante la época en que se realizó el experimento. La mano de obra empleada, se estimó en base al tiempo empleado por cada labor en las parcelas del experimento.
- Costos variables (CV): mano de obra, mecanización y materiales necesarios en el proceso de producción.
- Costos efectivos (CE): capital efectivo para pago de maquinaria y materiales sin incluir la mano de obra.
- Costos fijos (CF): interés sobre el monto de los costos efectivos calculados al 9% anual, costo de oportunidad de la tierra y depreciación del pulverizador.
- Ingreso total (IT): es la suma de los valores de la producción de cada componente del sistema en base a los precios del mercado de Turrialba y el Consejo Nacional de la Producción.

- Ingreso neto (IN): IT-CT neto del sistema después de compensar todos los recursos, excepto administración.

La eficiencia en el uso de los recursos tierra, capital y mano de obra se estudió con base en los modelos producto-producto e insumo-insumo para los que se construyeron las siguientes variables:

- CE/1000 IN: es el costo o inversión en efectivo necesaria para obtener 1000 colones de retorno neto. Su consideración es importante para evaluar la eficiencia en el uso del capital en efectivo al considerarlo un factor limitante.
- Jornales/1000 IN: es inversamente proporcional a la eficiencia en el uso de mano de obra. Es útil para evaluar el uso de la mano de obra al considerarla un recurso escaso. Es la necesidad de trabajo para generar 1000 colones netos.  
Además, se calcularon los retornos físicos y económicos para el factor tierra.
- Rendimiento por hectárea: representa la eficiencia en el uso de la tierra, expresado en producto por hectárea. Considerando que hubo dos productos  $ha^{-1}$ , la eficiencia en el uso de ese factor entre tratamientos se midió por medio del índice del Rendimiento Relativo Total modificado. También se compara el valor de la producción  $ha^{-1}$  en cada tratamiento.
- IN por hectárea: representa la eficiencia económica total en el uso de la tierra.

Para el estudio de la eficiencia en el uso de la inversión total necesaria por tratamiento se utilizó el modelo producto-producto y las siguientes variables:

- Rendimiento de maíz/1000 colones de costo total.
- Rendimiento de yuca/1000 colones de costo total.

La consideración conjunta de estas variables apunta a los tratamientos con mejor relación IN/CT.

#### 4. RESULTADOS Y DISCUSION

##### 4.1. Condiciones de clima y suelo durante el período experimental

En el Cuadro A2, y en la Figura 3 se presentan las características climáticas registradas durante el período experimental. En el Cuadro A3 se resumen las condiciones climáticas promedio de Turrialba durante 36 años.

La temperatura mínima promedio y la temperatura promedio mensual registradas durante el desarrollo del experimento, disminuyeron apreciablemente entre diciembre y abril. En enero se observó la temperatura mínima más baja ( $15,8^{\circ}\text{C}$ ) que inclusive es menor que el promedio para 22 años, tal como se aprecia en el Cuadro A3. La temperatura promedio mensual en enero también fue la más baja que se registró en el mismo período, pero es similar al promedio de 22 años. La precipitación también fue relativamente escasa entre los meses de enero a marzo, en que la evaporación superó la precipitación, fenómeno frecuente en Turrialba, según datos promedio de 36 años.

La temperatura es uno de los factores ambientales que modifica el desarrollo del área foliar. La actividad fotosintética de la yuca será más eficiente cuanto más cercano a 3 sea el Índice de Área Foliar (IAF) (21). Esta actividad determinará finalmente el rendimiento. De acuerdo con Cock, (22) a temperaturas medias menores de  $18 - 20^{\circ}\text{C}$  el crecimiento se reduce y por lo tanto los rendimientos disminuyen. Bolhuis citado por Montaldo (49) considera como nivel crítico mínimo la temperatura de  $16^{\circ}\text{C}$ , siendo posible obtener los rendimientos más altos cuando el promedio diario es de  $25-27^{\circ}\text{C}$ , siempre que la humedad

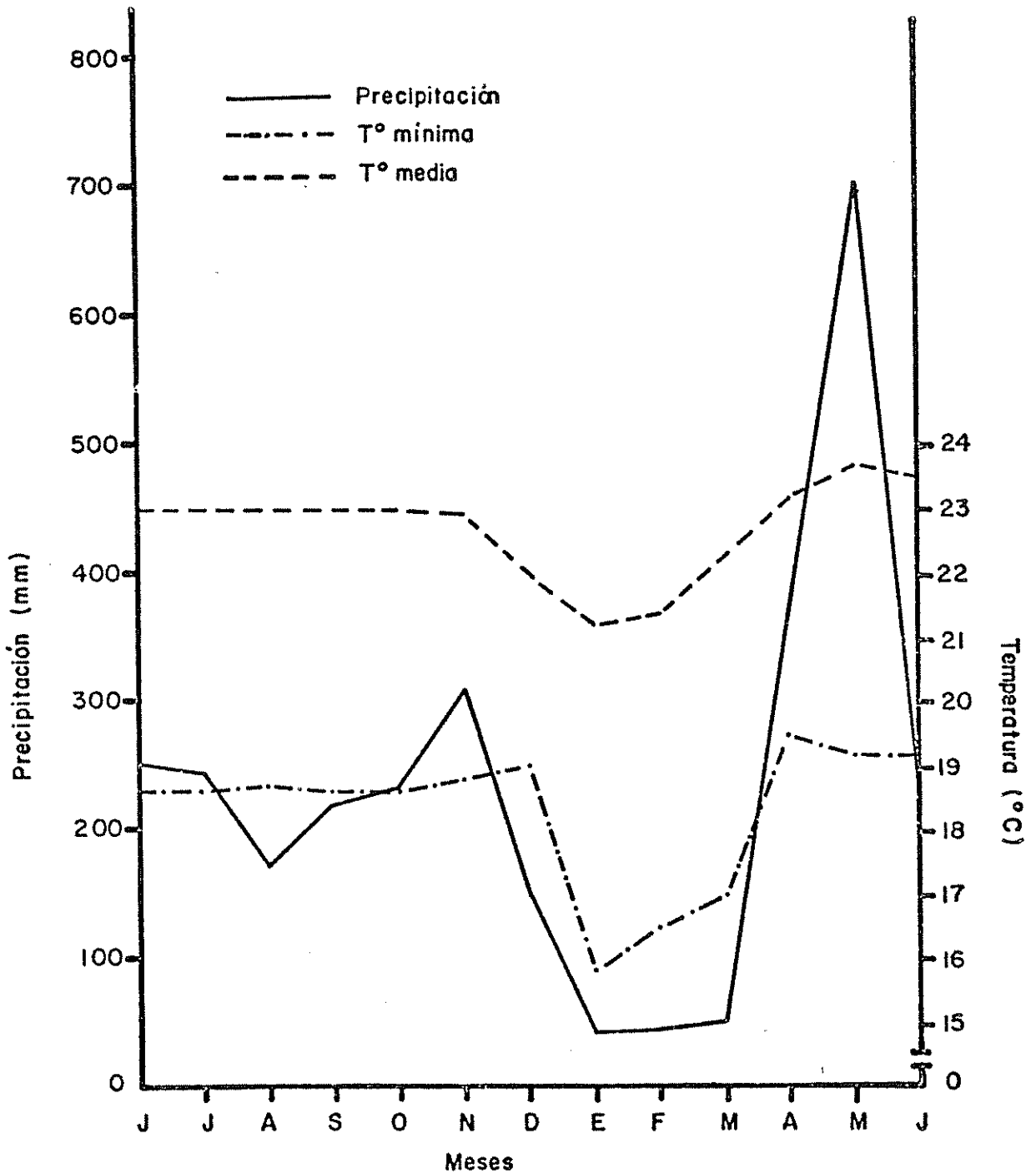


Fig. 3 Condiciones climáticas durante el período experimental.  
Turrialba, 1978-1979



del suelo no sea limitante. Estudios realizados durante los últimos años demuestran que el contenido final de materia seca en las raíces depende de la temperatura promedio del lugar, de la variedad y de la edad de la planta (19).

Durante el período en que se realizó este experimento, se registraron temperaturas mínimas promedio mensuales iguales o menores al nivel crítico ( $15^{\circ}\text{C}$ ) en los meses de diciembre a abril. En este período, 13 días de diciembre, 20 días de enero, 12 de febrero y 11 de marzo registraron temperaturas mínimas comprendidas en el rango de  $12-16^{\circ}\text{C}$ . También el promedio de la estación de cultivo fue de  $22,6^{\circ}\text{C}$  que es inferior al óptimo ( $25-27^{\circ}\text{C}$ ).

Durante tres meses, la evaporación superó a la precipitación, lo cual produce detención del crecimiento de la planta, por el efecto combinado de temperatura subóptima y carencia de humedad suficiente en el suelo. Así, durante este período de condiciones subóptimas, la planta entra en latencia y consume parte de los carbohidratos contenidos en el tallo y en las raíces (22). Este período de condiciones sub óptimas coincidió con la fase de mayor engrosamiento de las raíces reservantes, que de acuerdo con Montaldo (49), ocurre a partir de los 8 meses.

Las características físicas, químicas y la clasificación de los suelos del área experimental aparecen en el Cuadro A4.

Los análisis de suelo realizados antes de la siembra del experimento, después de la cosecha del maíz y al momento de la cosecha de la yuca se presentan en los Cuadros A5 y A6. De acuerdo con los resultados del Cuadro A5 el campo experimental no era homogéneo en cuanto a la disponibilidad de nutrientes en el suelo al momento de

la siembra. El pH ligeramente ácido (5,2) y el fósforo abajo del nivel crítico ( $12 \mu\text{g ml}^{-1}$ )<sup>1/</sup>. Los niveles de Ca, Mg y K estuvieron ligeramente arriba del crítico respectivo. Este primer análisis del suelo, determinó la necesidad de aplicar una cantidad relativamente alta de P ( $200 \text{ kg ha}^{-1}$ ) en los dos niveles de fertilización a estudiar e indicó la posibilidad de variar el N y el K solamente.

El análisis de suelo efectuado a los 120 días de la siembra (Cuadro A6) no indicó diferencias estadísticas significativas entre niveles de fertilización ni entre los tratamientos (densidades de maíz) en cada nivel. El pH fue similar al medido en el análisis inicial, pero el elemento P había aumentado hasta alcanzar valores ligeramente superiores al nivel crítico. El elemento K también aumentó su valor al doble del nivel inicial. Los elementos Ca y Mg y la acidez extraíble, se mantuvieron casi en los niveles iniciales. Lo anterior indicó que  $200 \text{ kg ha}^{-1}$  de P aplicados al momento de la siembra resultó apenas suficiente para elevar su disponibilidad más allá del nivel crítico, al momento de la cosecha del maíz. Se supone que parte del P aplicado fue absorbido por el maíz, otra parte fue fijado por el Al del suelo y otra parte quedó disponible para el cultivo de la yuca. Con respecto al K, es posible que el nivel bajo de fertilización ( $75 \text{ kg ha}^{-1}$ ) de K haya sido suficiente para satisfacer los requisitos nutricionales del maíz y de la yuca hasta ese momento y que la diferencia con el nivel alto de fertilización ( $150 \text{ kg ha}^{-1}$  de K) no haya sido aprovechada por la yuca y por lo tanto movilizado por lavado hacia horizontes inferiores del suelo.

---

<sup>1/</sup> Programa de Cultivos Anuales. CATIE, Turrialba, Costa Rica.

El análisis estadístico de los resultados del muestreo de suelos para el elemento K, efectuado al momento de la cosecha de la yuca, sólo indicó diferencias significativas ( $p = 0,01$ ) entre los tratamientos que diferían en niveles de fertilización pero no entre los tratamientos con las diferentes densidades de maíz. En el nivel alto de fertilización, el análisis químico registró  $0,42 \text{ meq } 100 \text{ ml}^{-1}$  de suelo, mientras que en el nivel bajo fue de  $0,35 \text{ meq } 100 \text{ ml}^{-1}$  de suelo, siendo ambos valores el promedio de tratamientos en cada nivel de fertilización. Con respecto a las demás variables medidas en el análisis químico del suelo efectuado a la cosecha de la yuca, el pH aumentó ligeramente con relación al nivel inicial, pero el elemento P disminuyó en relación al valor que se había medido a los 120 días; o sea que aunque fue superior al nivel registrado en el momento de la siembra, aún fue menor que el nivel crítico, ya que en promedio su valor fue de solo  $9 \text{ } \mu\text{g ml}^{-1}$ . El elemento K también disminuyó con relación al valor medido a los 120 días, pero fue superior al valor que se obtuvo en el muestreo inicial, lo que indica un residuo del fertilizante aplicado. El Ca y Mg disminuyeron ligeramente en relación con los valores obtenidos a los 120 días y la acidez extraíble casi no varió. La disminución en los niveles de P y K que se observa con relación al análisis efectuado al cosecharse el maíz, indica la extracción que hizo la yuca de estos dos nutrimentos y confirma además la necesidad de usar niveles más altos de P en su fertilización, así como lo adecuado que resultó la dosis de  $75 \text{ kg ha}^{-1}$  de K.

Los dos niveles de fertilización estudiados, no tuvieron efecto significativo sobre el maíz a juzgar por la mayor parte de las variables analizadas, mientras que la yuca sí mostró cambios en algunas

variables por efecto de la fertilización empleada. Si comparamos el estado o disponibilidad de nutrientes antes de la siembra del experimento y a la cosecha del maíz y de la yuca, observamos que el maíz recibió una dosis de N, P y K adecuada, según los niveles de extracción de nutrientes reportados por otros investigadores para el monocultivo de maíz y el cultivo asociado de yuca y maíz en Turrialba (41, 47). La yuca por el contrario presentó una respuesta diferente en algunas de las variables, según el nivel de fertilización estudiado e indicó que el fertilizante residual del nivel 90-200-75 kg ha<sup>-1</sup> de N, P y K tuvo un efecto más importante sobre el rendimiento que el nivel 120-200-150 kg ha<sup>-1</sup> de N, P y K. Aparentemente, en las condiciones de Turrialba, la yuca responde mejor con niveles bajos de N y K, coincidiendo con los resultados obtenidos por otros investigadores (5, 10, 56, 57) cuando el nivel de P es alto, debido a la alta fijación de este elemento que presentan los suelos del campo experimental (32). Al mantener fijo el nivel de P, la interacción N x K resultó en una mayor influencia en el rendimiento de la yuca, confirmando de esta manera otros resultados (17, 46, 76). Se ha determinado que el K es un elemento muy importante en la obtención de altos rendimientos de yuca y que una vez satisfecho este requerimiento, las plantas respondieron a una cantidad moderada de N (39). Al aumentar excesivamente los niveles de N y K, el índice de cosecha de la yuca disminuye, o sea, que se estimula en mayor proporción el desarrollo de la parte aérea que la raíz o parte útil (17).

#### 4.2. Aspectos generales de los cultivos

Los datos de las variables analizadas para maíz y yuca se presentan

en el Apéndice desde el Cuadro A7 hasta el Cuadro A9, con sus respectivos cuadrados medios y niveles de significancia.

#### 4.3. Manejo agronómico de los cultivos durante el ensayo

Los cultivos no presentaron problemas importantes en relación con plagas y enfermedades. Un ataque fuerte de *Phyllophaga* sp. a los 45 días de la siembra eliminó varias plantas de yuca. Fue controlado con Volatón 50%<sup>1/</sup> y las estacas perdidas se resembraron.

#### 4.4. Variables agronómicas

##### 4.4.1. Yuca. Variables de rendimiento

El peso total de raíces de yuca (Cuadro 3) fue mayor con el nivel de fertilización bajo que con el nivel de fertilización alto, sin embargo, la diferencia no resultó estadísticamente significativa ( $p = 0,05$ ). Lo anterior nos indica que con una dosis de 90-200-75 kg ha<sup>-1</sup> de N, P y K se obtuvo un rendimiento satisfactorio (21 ton ha<sup>-1</sup>) en peso fresco. En aproximadamente las mismas condiciones ambientales en que se desarrolló este experimento, otros autores, (5, 10, 33) lograron en monocultivo y con la misma densidad de plantas, rendimientos entre 21 y 24 ton ha<sup>-1</sup> respectivamente. Sin embargo, Santos (66) también en la misma área experimental, obtuvo rendimientos más altos (43 ton ha<sup>-1</sup>). Con este mismo cultivar, se han obtenido rendimientos de 55 ton ha<sup>-1</sup> en suelos en que no se

---

<sup>1/</sup> Phoxim

Cuadro 3. Rendimiento total y comercial de plantas de yuca cultivadas en monocultivo y en asociación con diferentes densidades de maíz, bajo dos niveles de fertilización. Turrialba, Costa Rica, 1979.

Tratamiento plantas	F <sup>1/</sup>	Raíces totales	Raíces comerciales	Raíces comerciales
		kg ha <sup>-1</sup>	kg ha <sup>-1</sup>	(%)
0	A	22055,5	20231,4	92
1	A	16527,7	14722,2	89
2	A	15023,1	12847,2	85
3	A	12972,2	11074,0	85
4	A	12037,0	10046,3	83
5	A	10203,6	8379,6	82
0	B	19509,2	16249,9	83
1	B	22361,1	19768,5	88
2	B	20648,1	17731,5	86
3	B	14046,2	11805,5	84
4	B	12981,4	10666,6	82
5	B	10787,0	8425,9	78

<sup>1/</sup> F = Nivel de fertilización; A = alto (120-200-150 kg ha<sup>-1</sup> N, P y K respectivamente); B = bajo (90-200-75 kg ha<sup>-1</sup> N, P y K respectivamente).

había cultivado yuca antes, situados a una altura de 60 m.s.n.m. con una precipitación media anual de 4800 mm y una temperatura media de 25°C, en la región atlántica de Costa Rica (9).

Pinchinat (63) estimó el rendimiento potencial de la yuca para Turrialba en 74 ton ha<sup>-1</sup>. Sin embargo, sus cálculos se basaron en un número pequeño de plantas (cinco plantas). Algunos autores (71, 74) consideran que para obtener estimados confiables de rendimiento, se debe contar con un número mínimo de plantas (16 a 32) en la muestra.

En cada nivel de fertilización se observó efecto de las densidades de maíz sobre el peso total de las raíces de yuca, mostrando una tendencia decreciente en ambos niveles de fertilización a medida que aumentaba el número de plantas de maíz (Figura 4). En el nivel alto, el monocultivo rindió más que en todas las asociaciones, pero en el nivel bajo, la asociación con 1 planta m<sup>-2</sup> fue superior al monocultivo, aunque no significativamente mayor desde el punto de vista estadístico e igual al monocultivo del nivel alto de fertilización. Las asociaciones de yuca con 1 y 2 plantas m<sup>-2</sup> en el nivel de fertilización alto, rindieron menos (p = 0,01) que las correspondientes asociaciones en el nivel bajo. Ello significa que el nivel de fertilización alto favoreció al cultivo del maíz en su desarrollo lo que permitió una competencia más fuerte con la yuca en comparación con el maíz en el nivel bajo de fertilización. La tasa de disminución del rendimiento entre el monocultivo y la asociación con 1 planta m<sup>-2</sup> fue del 25% y entre esta y la siguiente asociación (2 plantas m<sup>-2</sup>) fue del 9%. Las asociaciones de yuca con 3, 4 y 5 plantas m<sup>-2</sup> de maíz en el nivel alto de fertilización no mostraron diferencias significativas entre sí, pero experimentaron una reducción del 14, 7

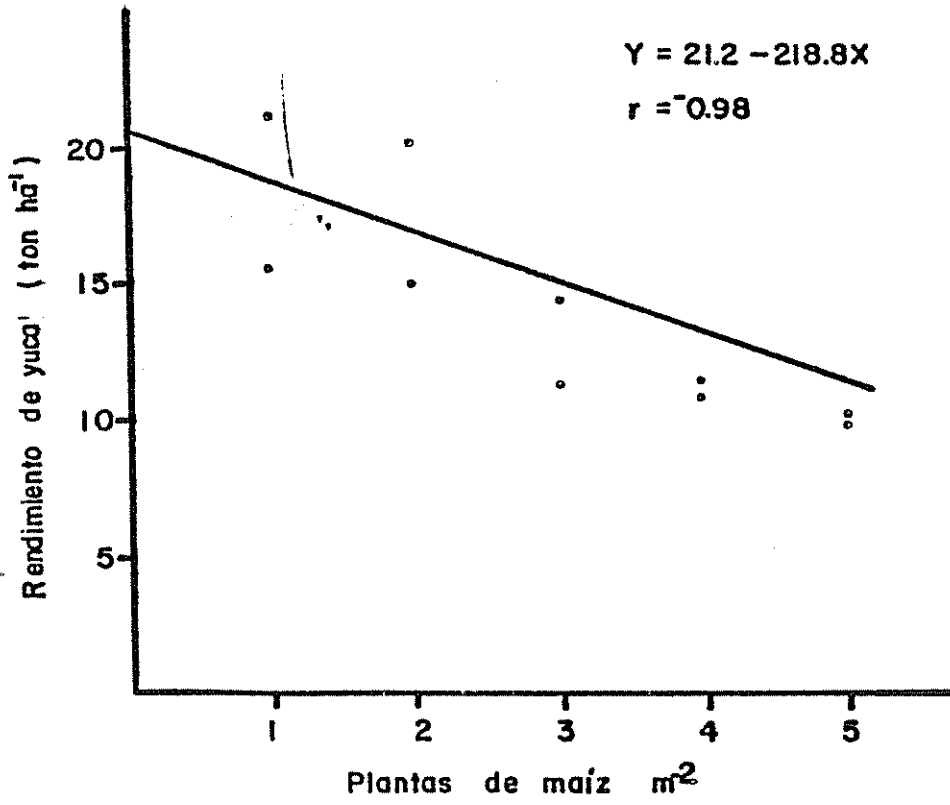


Fig.4 Relación entre el rendimiento de yuca y la densidad de plantas de maíz



y 15% respectivamente con respecto al monocultivo de yuca. Estas mismas asociaciones, en el nivel bajo de fertilización, produjeron reducciones en el rendimiento con respecto al monocultivo de yuca del 32, 7 y 17% mientras que entre 1 y 2 plantas  $m^{-2}$  de maíz fue de sólo 8%. Quiere decir esto que el nivel de 90-200-75  $kg\ ha^{-1}$  de N, P y K fue menos favorable para el maíz y que la competencia más fuerte con la yuca se estableció en la asociación con 3 plantas  $m^{-2}$  de maíz y no desde la asociación con 1 planta  $m^{-2}$  como ocurrió en el nivel de 120-200-150  $kg\ ha^{-1}$  de N, P y K. Si se compara el rendimiento de yuca en la asociación con 4 plantas  $m^{-2}$  se tiene que este fue de 12,5  $ton\ ha^{-1}$  en promedio de los dos niveles de fertilización, lo cual significa un 40% de reducción con respecto al promedio de ambos niveles de fertilización en el monocultivo. Esta reducción es similar a la obtenida por otros investigadores, (13, 33, 36, 66) lo que confirma una vez más, que el maíz es un fuerte competidor de la yuca cuando se siembran simultáneamente. Significa también que el complemento teórico de aprovechamiento de la energía solar disponible para el maíz durante los primeros meses de crecimiento de la yuca no funcionó bien a lo menos con estos cultivares. Hubo competencia por luz, espacio y nutrientes que el maíz, por ser de crecimiento más rápido, aprovechó en su beneficio y afectó la formación del sistema radical de yuca (principalmente el número de raíces) que se determina en ese mismo período. Esto obligó a la yuca a invertir el producto de su fotosíntesis en la formación de follaje limitando así la proporción de carbohidratos necesarios para la expansión radical (22).

Castro et al (12) opinan que al incrementarse la densidad de yuca, el tamaño de las raíces, el número de ellas por planta y el índice de

cosecha disminuyen. Este efecto es el mismo que se ha obtenido en este trabajo al incrementar la densidad del maíz que se asocia con yuca.

El peso de las raíces comerciales no fue afectado por los niveles de fertilización, cuando se comparó el promedio de todos los tratamientos (densidades de maíz) del nivel de fertilización bajo con el nivel alto (Cuadro A7). Las densidades de maíz, por el contrario, mostraron un efecto significativo ( $p = 0,01$ ) sobre esta variable; así el monocultivo alcanzó un rendimiento promedio de  $18,2 \text{ ton ha}^{-1}$  en los dos niveles de fertilización usados y este rendimiento va disminuyendo en forma sostenida, hasta la asociación con  $5 \text{ plantas m}^{-2}$  en que se obtuvo  $8,4 \text{ ton ha}^{-1}$ . Este rendimiento significa una disminución del 54% con respecto al monocultivo. En la asociación con  $4 \text{ plantas m}^{-2}$ , la disminución fue del 43% del monocultivo; valor ligeramente superior al obtenido en otros experimentos, en el mismo campo experimental (5, 33). Sin embargo, Santos (66) encontró, en el cultivo asociado, una tendencia a obtener mayor peso de raíces comerciales con respecto al monocultivo, pero en su trabajo, el maíz fue sembrado un mes después de la yuca.

El peso de las raíces no comerciales fue afectado por los niveles de fertilización (Cuadro A7). El promedio de todos los tratamientos, en el nivel bajo, fue de  $2,6 \text{ ton ha}^{-1}$  o sea un 15% del promedio del peso total de las raíces en el mismo nivel. En el nivel alto de fertilización, este promedio fue de  $1,9 \text{ ton ha}^{-1}$  o sea un 13% del peso promedio del total de raíces. La diferencia entre niveles de fertilización para esta variable, fue significativa ( $p = 0,01$ ). Las densidades de maíz, sin embargo, no tuvieron efecto sobre esta

variable. Estos porcentajes de raíces no comerciales son inferiores a los obtenidos previamente en Turrialba (33).

El peso promedio de las raíces comerciales no fue afectado por los niveles de fertilización, pero en cambio, varió por efecto de la densidad de maíz que se asoció con la yuca, observándose una tendencia decreciente, inversa al incremento de la densidad de maíz. En el monocultivo el peso promedio en los dos niveles de fertilización fue de 454 g por raíz. En las densidades de 1 y 2 plantas  $m^{-2}$  fue de 369 g y con 3, 4 y 5 plantas  $m^{-2}$  pesaron 297 g por raíz en promedio, lo que significa un 19 y 35% de disminución con respecto al testigo. Estas disminuciones son mayores a la que experimentó Gerodetti (33), quien obtuvo un 10% de disminución.

El número total de raíces fue mayor ( $p = 0,01$ ) en el nivel de fertilización bajo que en el nivel alto (Cuadro A7). En el nivel bajo, la asociación con 1 planta  $m^{-2}$  de maíz superó al testigo, es decir yuca en monocultivo, en número de raíces. Todas las otras asociaciones probadas, produjeron un número total de raíces menor que el testigo. En el nivel de fertilización alto, el monocultivo de yuca superó en número total de raíces a todas las asociaciones con diferentes densidades de maíz, observándose una tendencia decreciente en número de raíces, a medida que aumentó la competencia del maíz. Como el nivel de P se mantuvo fijo, pero alto y la cantidad de K aplicada en el nivel bajo de fertilización, fue suficiente para satisfacer los requisitos de la yuca, es posible que el nivel inferior de N resulte en mayor número de raíces que un nivel más alto de N. Esta situación podría explicar por qué niveles bajos de N aumentan el índice de cosecha. Se conocio que el número de raíces es uno de

los componentes importantes en el rendimiento en raíces de la yuca (12). Dentro de cada nivel de fertilización, la tendencia decreciente en número de raíces, se debe a un incremento en la competencia interespecífica, la que probablemente involucra otros elementos, aparte del N. Santos (66) y Gerodetti (33) en Turrialba, obtuvieron mayor número de raíces en yuca monocultivo que en yuca asociada con maíz en diferentes épocas de siembra e intensidades de poda.

Según Alburquerque (2) el período de formación de las raíces ocurre en los primeros 90 días después de la siembra de la yuca. Es en este período que se establece una alta competencia con el maíz y se esperaría una reducción en el número de raíces. Sin embargo, Angulo (5) en Turrialba no encontró diferencia en el número total de raíces entre el monocultivo de yuca y la asociación simultánea con maíz usando los niveles de 80-120-115 kg ha<sup>-1</sup> de N, P, K respectivamente.

El número de raíces comerciales no fue afectado por los niveles de fertilización al considerar el promedio de todos los tratamientos de densidades de maíz. Por otro lado, las densidades crecientes de maíz, tienden a disminuir el número de raíces comerciales de yuca. Mientras que la disminución en el número total de raíces con respecto al monocultivo llega hasta un mínimo de 36% cuando se asocian 5 plantas m<sup>-2</sup> de maíz, el número de raíces comerciales se reduce en un 53% con la misma densidad de maíz. Esto significa que aparte de reducirse el número de raíces, estas alcanzan un desarrollo menor cada vez que aumenta la competencia con maíz. La mayor reducción de raíces comerciales (16%) ocurrió al aumentar de 1 a 2 plantas m<sup>-2</sup> de maíz. Esto se debe a una competencia interespecífica muy fuerte por parte del maíz, precisamente dentro del período de formación de raíces

reservantes por haber sembrado simultáneamente ambos cultivos. Resultados similares se han obtenido en Costa Rica (13, 15) y Colombia (17).

El número de raíces no comerciales se afectó por el nivel de fertilización ( $p = 0,01$ ) y su mayor valor se alcanzó con el nivel bajo de fertilización. Las densidades de maíz no tuvieron efecto directo en esta variable.

El número total de raíces por planta mostró un efecto altamente significativo de los niveles de fertilización ( $p = 0,01$ ) y también de las densidades de maíz ( $p = 0,01$ ). Así mismo, la interacción entre fertilización y densidad resultó significativa ( $p = 0,10$ ). El promedio de los tratamientos de densidades de maíz en el nivel bajo de fertilización fue de 6,0 raíces por planta mientras que en el nivel alto fue de 5,4 raíces por planta. Las densidades de siembra del maíz en el nivel alto de fertilización disminuyeron el número de raíces por planta, es decir, a mayor población de maíz hubo menor número de raíces por planta. Se obtuvieron 6,6 raíces por planta en el monocultivo hasta alcanzar la cifra de 4,5 por planta con la densidad de 5 plantas  $m^{-2}$  de maíz asociadas con yuca. En el nivel bajo de fertilización el monocultivo produjo 6,2 raíces por planta mientras que en asociación con 1 planta  $m^{-2}$  de maíz se obtuvieron 7,3 raíces por planta. A partir del cambio de 1 a 2 plantas  $m^{-2}$  comienza el comportamiento decreciente hasta llegar a obtenerse 4,9 raíces por planta en la asociación con 5 plantas  $m^{-2}$ . Estos valores concuerdan con los obtenidos por otros investigadores en Turrialba que trabajaron con los mismos cultivares de yuca y de maíz, tanto en monocultivo como en la asociación con 4 plantas  $m^{-2}$  de maíz y 1-1,6 plantas  $m^{-2}$  de yuca (10, 33, 66).

El número promedio de tallos por planta no se afectó por las densidades de siembra del maíz ni por los niveles de fertilización aplicados, siendo el promedio para todos los tratamientos de 1,69 tallos por planta (Cuadro A7).

#### 4.4.2. Variables biológicas

La altura total promedio de las plantas de yuca se afectó significativamente por las densidades de maíz ( $p = 0,01$ ) y por los niveles de fertilización ( $p = 0,05$ ). Los monocultivos en ambos niveles no presentaron diferencias significativas entre sí, pero cuando se asoció con maíz las diferencias entre niveles son significativas ( $p = 0,05$ ). En general, las plantas fueron más altas en el nivel bajo de fertilización. En este nivel bajo, la tendencia es creciente a partir de 238 cm del monocultivo hasta 271 cm en la combinación con 4 plantas  $m^{-2}$  de maíz. En el nivel alto de fertilización, el monocultivo alcanzó 239 cm y la mayor altura fue de 257 cm también en la combinación de yuca con 4 plantas  $m^{-2}$  de maíz. En base a los resultados anteriores y a los de altura de planta del maíz, se puede observar que el nivel de fertilización alto favoreció el crecimiento en altura del maíz en mayor proporción que en el nivel bajo de fertilización, lo cual fue en detrimento del crecimiento de la yuca. El maíz presenta un desarrollo muy rápido en los primeros meses haciendo que su follaje cubra el espacio disponible en poco tiempo. A la vez, esto hace que al estar en asocio con un cultivo de lento crecimiento inicial, compita con él por luz, agua y nutrientes (78). En el nivel bajo de fertilización, hubo un mejor equilibrio entre las especies, las plantas de yuca pudieron tener un mejor desarrollo y alcanzaron mayor altura,

mayor diámetro del tallo, formaron mayor número de raíces por planta y su rendimiento fue superior. Sin embargo, la biomasa de la parte aérea antes de la cosecha no mostró diferencia entre niveles de fertilización ( $p = 0,01$ ). De acuerdo con Cock (22) al disminuir la tasa de crecimiento por efecto de la sombra, disminuye la proporción de asimilados totales que se transfieren a las raíces, produciendo rendimientos menores. Algo similar ocurrió en este experimento. Estos resultados no concuerdan con los obtenidos por Santos (66) probablemente porque ella, tal como se mencionó, sembró el maíz un mes después de haber plantado la yuca, y esto altera la relación entre la velocidad de desarrollo de la yuca y el maíz. El rendimiento de maíz que obtuvo esta autora fue  $0,74 \text{ ton ha}^{-1}$  que es inferior al obtenido en este caso ( $3,2 \text{ ton ha}^{-1}$ ) con las mismas densidades de siembra para yuca y maíz. Tampoco los resultados de Angulo (5) concuerdan con los de este experimento, ya que a pesar de haber sembrado simultáneamente, no obtuvo diferencias entre el monocultivo y el cultivo asociado. Callegos (31) sí encontró diferencia en la altura de las plantas y esto coincide con los datos que se obtuvieron en este experimento, pero Burity (10) determinó mayor altura en el monocultivo que en el cultivo con maíz.

La altura a la primera bifurcación fue afectada significativamente ( $p = 0,01$ ) por las densidades de maíz, pero no lo fue a causa de los niveles de fertilización (Cuadro A7). La tendencia de esta variable fue hacia el incremento en altura a medida que la densidad del maíz se aumentó, comportamiento que se mantuvo hasta la asociación con 4 plantas  $\text{m}^{-2}$  de maíz. De una altura a la bifurcación primaria de 143,6 cm promedio de ambos niveles de fertilización para el monocultivo ascendió a 195,2 cm en la asociación con 4 plantas  $\text{m}^{-2}$  y

descendió a 184,2 cm en la asociación con 5 plantas  $m^{-2}$  de maíz; valores muy similar al alcanzado con 3 plantas  $m^{-2}$ . La correlación entre esta variable y la altura total fue alta ( $r = 0,67$ ). En Turrialba se han obtenido resultados similares (5).

El diámetro promedio del tallo mostró diferencia significativa ( $p = 0,10$ ) por efecto de niveles de fertilización cuando se comparó el promedio de los tratamientos de densidades de maíz en el nivel bajo con el nivel alto (Cuadro A7). La diferencia fue de 2,08 cm para el primero a 2,13 cm para el segundo. Las densidades de siembra de maíz, redujeron progresivamente el diámetro del tallo de la yuca a medida que se fue incrementando el número de plantas de maíz por unidad de superficie. En el monocultivo y en la asociación con 1 planta  $m^{-2}$  el diámetro del tallo fue de 2,2 cm y en la asociación con 5 plantas  $m^{-2}$  fue de 1,99 cm causando la mayor reducción en el valor de esta variable. Otros investigadores (31, 66) no han encontrado diferencia entre el monocultivo y el cultivo asociado.

El largo de las raíces no fue afectado por los niveles de fertilización estudiados. Pero las densidades de maíz sí causaron diferencias significativas ( $p = 0,01$ ) en esta variable (Cuadro A7). En el monocultivo y tomando el promedio de los dos niveles de fertilización, el largo de las raíces fue de 35 cm, descendiendo hasta 31 cm en la asociación con 4 plantas  $m^{-2}$  y aumenta a 32 cm cuando la densidad de maíz fue de 5 plantas  $m^{-2}$ . Estos valores son similares a los alcanzados en otros experimentos de Turrialba (5, 33, 66).

El diámetro de las raíces no varió significativamente por efecto de los niveles de fertilización estudiados o de las densidades de maíz (Cuadro A7). Sin embargo se puede observar una ligera tendencia hacia



La disminución en el valor de esta variable a medida que se incrementa la población de maíz que se asocia con la yuca. El diámetro promedio general fue de 4,6 cm, que es muy similar al obtenido en Turrialba (5, 33, 66).

Los valores de producción de biomasa de los órganos de la yuca se presentan en el Cuadro A10. El peso seco de las hojas, no presentó efecto de las densidades de maíz. Los valores obtenidos fueron mayores que los valores de otros investigadores (5, 33, 66) pero muy parecidos a los que indica Gerodetti (33). Sin embargo, es necesario puntualizar que la variedad Valencia tiene la tendencia a perder el follaje después de los seis meses de edad, lo que se demuestra por una disminución en el IAF, tal como informa Gallegos (31). Es de esperar entonces que una lectura de biomasa realizada después de los seis meses no presente diferencias entre tratamientos a menos que la pérdida de follaje sea proporcional a algún tratamiento. Sin embargo también es de esperar que la biomasa de tallos, que permanecen en la planta después de seis meses, presente algunas diferencias en tratamiento. Más aún si el diámetro de los tallos tiene relación con los tratamientos.

El peso seco de tallos más ramas mostró efecto de los niveles de fertilización y de las densidades de maíz en cada nivel de fertilización, pero la interacción de ambos factores no resultó estadísticamente significativa. Los monocultivos respectivos de cada nivel de fertilización mostraron valores semejantes, lo cual indica que el efecto de competencia del maíz determinó el mayor o menor valor de peso seco. La mayor competencia del maíz en el nivel alto de fertilización, limitó el desarrollo de la yuca y el peso seco de sus tallos

y pecíolos fue menor que en el nivel bajo de fertilización. Este efecto fue significativo en las densidades de 1 y 2 plantas  $m^{-2}$  porque en las demás ya no se observa diferencia entre niveles de fertilización ni densidades de maíz. Los valores de biomasa total obtenidos en la asociación con 4 plantas  $m^{-2}$  son parecidos a los que encontró Gerodetti (33) pero los del monocultivo, son mayores a los reportados por el mismo investigador. En otros experimentos, los valores de biomasa en peso seco de tallos y ramas fueron más bajos (5, 66) y aún más bajos son los reportados por Gallegos (31). Santos (66) no encontró diferencia entre el monocultivo y el cultivo asociado para esta variable, probablemente por la poca competencia que ejerció el maíz que fue sembrado un mes después de la yuca.

La producción de peso seco proveniente de las raíces no fue afectada por el nivel de fertilización, mientras que por efecto de las densidades de maíz las diferencias son significativas ( $p = 0,01$ ) entre el monocultivo y el cultivo asociado con cualquier densidad de maíz. De 2,9 kg por planta, peso promedio de los dos niveles de fertilización en el monocultivo, desciende a 2,1 kg por planta en las densidades de 1 y 2 plantas  $m^{-2}$  y luego a 1,4 kg por planta promedio para las densidades de 3, 4 y 5 plantas  $m^{-2}$ , lo que significa un 50% de reducción en peso seco de raíces por planta. Estos resultados concuerdan con los encontrados por Gerodetti (33) pero son superiores a los obtenidos por otros investigadores (5, 31, 66).

La producción de biomasa total de la yuca no indicó diferencia entre niveles de fertilización en las asociaciones con 3, 4 y 5 plantas  $m^{-2}$  (Cuadro A10). En el monocultivo del nivel alto de fertilización, la producción de biomasa total fue mayor que en el nivel bajo, pero en las asociaciones con 1 y 2 plantas  $m^{-2}$  el nivel bajo produjo

más biomasa total que el nivel alto. Los valores obtenidos en el monocultivo son mayores a los reportados por Gerodetti (33) pero en la asociación con maíz los datos en ambos estudios son semejantes. En otros trabajos (5, 10, 31, 66) se informa de rendimientos inferiores de biomasa total.

La distribución porcentual de la biomasa total indica que en el monocultivo, la yuca produjo de 4 a 5% de hojas, de 48 a 53% de tallos y ramas y de 43 a 47% de raíces, mientras que en la asociación con maíz el porcentaje de hojas fue de 4 a 6%; el de tallos y ramas fue de 48 a 60% que se incrementó con la densidad de maíz y las raíces decrecieron al incrementarse el maíz y mostraron porcentajes de 47 a 43%. Es decir, que al asociarse con cantidades crecientes de maíz, la yuca incrementó su follaje en detrimento de la producción de raíces, mientras que en el monocultivo se observó un equilibrio entre raíces y follaje, concordando con los resultados que Devendra (24) estableció para la yuca en el momento de su madurez fisiológica.

La biomasa total del sistema no se modificó por efecto de los niveles de fertilización, pero el efecto de las densidades de maíz fue significativo ( $p = 0,01$ ) entre el promedio del monocultivo en los dos niveles de fertilización y las asociaciones con 3, 4 y 5 plantas  $m^{-2}$ . En el Cuadro A10 se observa que la reducción de biomasa ocasionada a la yuca por la competencia del maíz en estas densidades, es compensada por la biomasa adicional del maíz. Estos resultados concuerdan con los obtenidos por Gerodetti (33) quien obtuvo mayor biomasa total al adicionar maíz a la yuca.

El índice de cosecha varió significativamente por efecto de la densidad de maíz ( $p = 0,01$ ). En el monocultivo, se obtuvo el valor más alto (44,6%) y disminuyó hasta 33,9% en la asociación con 5 plantas  $m^{-2}$ .

Estos valores son menores a los obtenidos por otros investigadores con el mismo cultivar (5, 66) e indican que la distribución de materia seca favoreció a la parte aérea.

#### 4.4.3. Maíz. Variables de rendimiento.

El rendimiento de maíz no fue afectado por los niveles de fertilización estudiados ( $p = 0.05$ ) y las diferencias observadas se deben al efecto de las densidades crecientes de maíz que se intercultivan entre la yuca (Cuadro 4). Considerando los promedios de ambos niveles de fertilización, se observa que el rendimiento en grano presenta una tendencia creciente en función del incremento en la densidad de plantas de maíz. Este comportamiento se inicia con 0,5 ton  $ha^{-1}$  en la densidad de 1 planta  $m^{-2}$  y alcanza a 3,5 ton  $ha^{-1}$  en la densidad de 5 plantas  $m^{-2}$  (Figura 5). El mayor incremento en rendimiento se produjo cuando la densidad de maíz aumentó de 1 a 2 plantas  $m^{-2}$  (1,6 ton  $ha^{-1}$ ). Al aumentarse a 3, 4 y 5 plantas  $m^{-2}$  los incrementos en rendimiento fueron de 0,3, 0,8 y 0,3 ton  $ha^{-1}$  respectivamente. En la asociación con 4 plantas  $m^{-2}$  que es la que comúnmente se emplea cuando estos cultivos se asocian, el rendimiento de maíz fue de 3,2 ton  $ha^{-1}$  de grano al 12% de humedad. Este valor es el doble del obtenido por Angulo (5) bajo condiciones ambientales similares y usando las mismas densidades de siembra y cultivares de yuca y maíz. Otros investigadores también han obtenido rendimientos menores al de este estudio al asociar maíz y yuca (33, 66).

El número total de mazorcas, de mazorcas sanas y de mazorcas enfermas, tampoco se afectó por el nivel de fertilización. De la misma

Cuadro 4. Valores promedios de algunas variables agronómicas de maíz sembrado a diferentes densidades de población en asociación con yuca. Turrialba, Costa Rica, 1979.

D <sub>1</sub> / T <sub>2</sub>	Tratamientos	Flautas/ parcela	Mazorcas sanas	Mazorcas dañadas/ parcela	Mazorcas total/ parcela	Mazorcas sanas/ parcela %	Mazorcas dañadas/ parcela %	Largo <sup>3</sup> / mazorcas (cm)	Peso <sup>3</sup> / promedio mazorcas	Peso grano a 12% HOH kg ha <sup>-1</sup>	Altura total de planta (cm)
0	A	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	B	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1	A	13.2	15.5	1.7	17.2	90	10	16.5	1.9	657.5	171
1	B	16.2	10.7	4.7	15.4	69	31	16.9	1.3	421.5	176.5
2	A	42.7	37.2	7.2	44.4	84	16	15.8	1.6	2278.6	172
2	B	45.5	37.0	12.0	49.0	76	24	16.4	1.7	1958.8	175
3	A	75.2	65.7	8.0	73.7	89	11	15.5	1.7	2564.8	185.7
3	B	79.5	64.7	14.5	79.2	82	18	15.4	1.6	2336.2	169.2
4	A	105.2	94.0	13.5	107.5	87	13	15.4	1.7	3294.8	190
4	B	109.0	50.7	13.5	104.2	87	13	16.0	1.7	3185.5	185.5
5	A	125.7	108.5	18.5	127.0	85	15	15.0	1.6	3759.5	195
5	B	121.5	103.5	14.5	118.0	88	12	15.3	1.5	3343.9	186

1/ D = 0, 1, 2, 3, 4, y 5 plantas de maíz m<sup>-2</sup>

2/ F = fertilización: F<sub>B</sub> = 90-200-75 y F<sub>A</sub> = 120-200-151 kg ha<sup>-1</sup> de N P y K respectivamente

3/ Muestra de 10 mazorcas por tratamiento

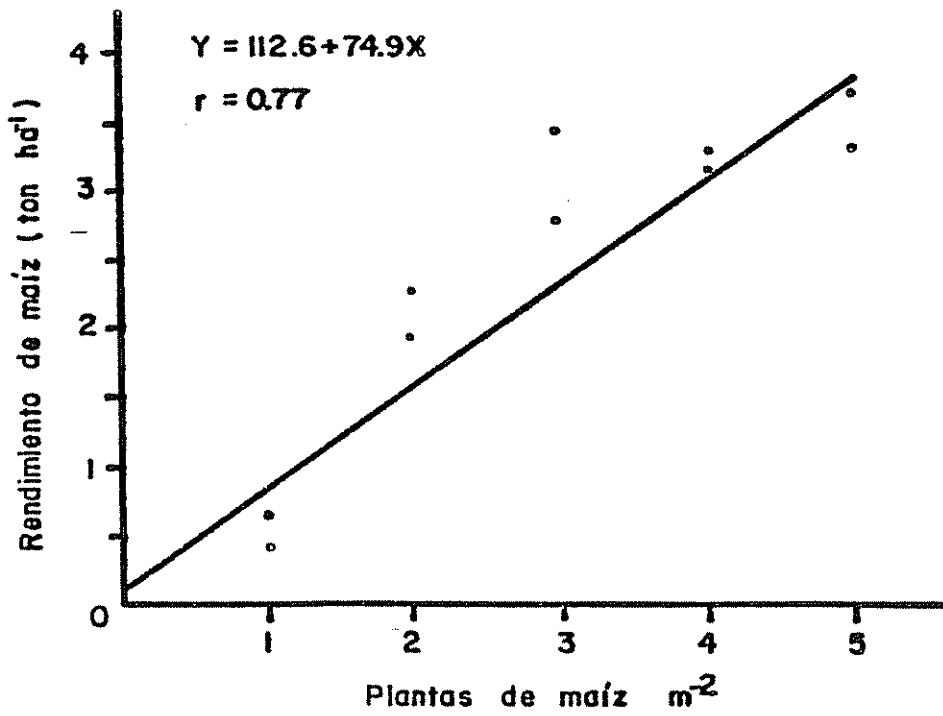


Fig. 5 Relación entre el rendimiento y la densidad de plantas de maíz

forma en que se incrementó el rendimiento, se incrementó el valor de estas variables, como una consecuencia del aumento en la población de plantas de maíz.

El peso promedio de las mazorcas sanas no mostró diferencias significativas para los factores niveles de fertilización y densidades de siembra en cada nivel de fertilización.

El largo promedio de las mazorcas no se afectó a causa de los niveles de fertilización, pero las densidades de maíz tuvieron efecto significativo en el largo de la mazorca a medida que se incrementó la densidad del maíz. En la menor densidad, o sea con 1 planta  $m^{-2}$ , el largo promedio fue de 16,7 cm y en la mayor densidad fue de 15,1 cm promedio de ambos niveles de fertilización.

#### 4.4.4. Variables biológicas

La altura de planta total fue afectada por los niveles de fertilización estudiados, alcanzando mayor altura las plantas en el nivel alto con 183 cm y 178 cm en el nivel bajo. Estos valores son promedio de los diferentes tratamientos o densidades de maíz. Esta diferencia es significativa ( $p = 0,10$ ). En el nivel alto, la tendencia fue creciente de manera que en la densidad de 1 planta  $m^{-2}$  la altura fue de 171 cm hasta alcanzar 195 cm en la densidad de 5 plantas  $m^{-2}$ . En el nivel bajo, la altura de las plantas fue de 176 y 175 cm en las densidades de 1 y 2 plantas  $m^{-2}$ , 170 cm en la densidad de 3 plantas  $m^{-2}$  y de 185 y 186 cm en las densidades de 4 y 5 plantas  $m^{-2}$ .

La fecha de floración no fue modificada por los niveles de fertilización, ni tampoco por las densidades de siembra del maíz.

La biomasa total del maíz se afectó en forma significativa por los niveles de fertilización en la mayoría de los tratamientos de densidades de siembra. Dentro de cada nivel de fertilización, las densidades de maíz mostraron una tendencia decreciente en el peso seco total de cada planta, a medida que incrementó el número de plantas. En la densidad de 1 planta  $m^{-2}$ , el peso seco fue de 286 g por planta y disminuyó hasta 100 g por planta en la densidad de 5 plantas  $m^{-2}$ .

#### 4.5. Interacción biológica entre componentes del sistema de producción yuca y maíz.

Existen varios criterios que permiten evaluar sistemas de producción de cultivos que comprenden asociaciones entre cultivos (52). Uno de ellos es el agronómico o biológico, con el cual se identifica la mejor combinación de ellos. Empleando un método similar al del Rendimiento Relativo Total (RRT) (70) con los datos de rendimiento de la yuca y el maíz que se presentan en los Cuadros 3 y 4, se obtuvieron los valores que configuran el Cuadro 5. Para los datos de este Cuadro se consideró como referencia, el rendimiento del maíz en la asociación de yuca con 4 plantas  $m^{-2}$  de maíz de cada nivel de fertilización. Este rendimiento es similar al obtenido por otros investigadores en Turrialba cuando lo sembraron en monocultivo a la densidad de 4 plantas  $m^{-2}$  (15). Por tanto, este índice se denominó Rendimiento Relativo Total Modificado (RRTM). En las Figuras 6a y 6b se muestra el efecto del intercultivo sobre el rendimiento de los componentes del sistema, cuando se incrementa la densidad de uno de ellos. En el nivel alto de fertilización, la mejor combinación fue aquella en la que se asoció la mayor cantidad de maíz (5 plantas  $m^{-2}$ ) pues se



Cuadro 5. Rendimiento relativo total (RRT) de seis sistemas de cultivo con yuca y maíz en dos niveles de fertilización. Turrialba, Costa Rica, 1979.

Tratamiento plantas m <sup>-2</sup>	Fert. <sup>1/</sup>	Rendim. maíz 12% ton ha <sup>-1</sup>	Rendim. relativo de maíz %	Rendim. yuca comercial ton ha <sup>-1</sup>	Rendim. relativo de yuca %	Rendim. relativo total %
0	A			20,23	1,00	1,00
1	A	0,66	0,20	14,72	0,73	0,93
2	A	2,28	0,69	12,85	0,64	1,33
3	A	2,56	0,78	11,07	0,55	1,33
4	A	3,29	1,0	10,05	0,50	1,50
5	A	3,76	1,14	8,38	0,41	1,55
0	B			16,25	1,0	1,00
1	B	0,42	0,13	19,77	1,22	1,35
2	B	1,96	0,61	17,73	1,09	1,70
3	B	2,34	0,73	11,80	0,73	1,46
4	B	3,19	0,96	10,67	0,66	1,62
5	B	3,34	1,05	8,43	0,52	1,57

<sup>1/</sup> A = 120-200-150 Kg ha<sup>-1</sup> de N, P y K respectivamente y B = 90-200-75 Kg ha<sup>-1</sup> de NPK respectivamente.

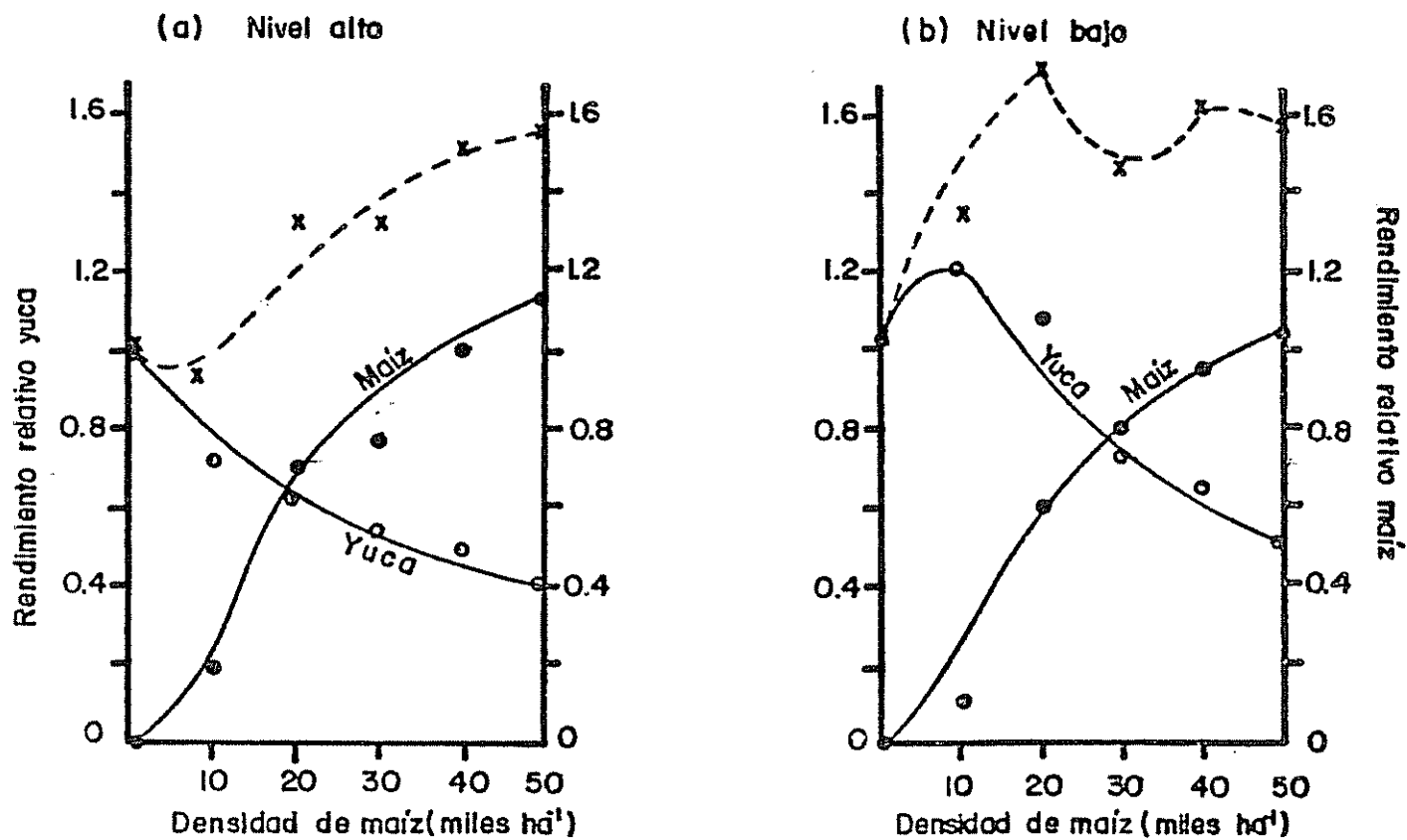


Fig. 6 Rendimiento relativo total (RRT) de seis combinaciones de yuca y maíz bajo dos niveles de fertilización: (a) = alto y (b) = bajo. Las líneas sólidas son los rendimientos de los componentes y la línea interrumpida es el rendimiento relativo total del sistema

obtuvo un RRT = 1,55 o sea que con los monocultivos se necesitará 55% más de área para producir igual que una hectárea de la asociación con la combinación de 1.14 ha de maíz y 0.41 ha de yuca. Esto significa que el cultivo más importante bajo este nivel de fertilización es el maíz, ya que su contribución al valor de RRT es mayor. Mientras tanto, en el nivel bajo de fertilización la combinación de yuca con 2 plantas  $m^{-2}$  de maíz fue mejor a cualquier otra. Quiere decir esto que cuando se tiene una baja fertilidad en el suelo lo mejor es tener poco maíz y a medida que aumenta la fertilidad se puede sembrar más maíz.

#### 4.6. Análisis Económico

La evaluación agronómica de los sistemas de producción de cultivos desde el punto de vista del rendimiento relativo de cada uno de los componentes (RRT), no siempre lleva a la elección del sistema más eficiente en el uso de los recursos disponibles. Por ello es necesaria una evaluación de la eficiencia con que se emplean estos recursos considerando las circunstancias en que se puede encontrar un agricultor, al tomar una decisión de elección.

Así mismo, el análisis de la retribución a los factores de la producción, genera información útil para identificar alternativas con mayor posibilidad de ser aceptadas y adoptadas por los agricultores bajo determinadas condiciones.

En el Apéndice (Cuadros A11 hasta A15) aparece la mano de obra utilizada en cada tratamiento, los costos de mecanización e insumos, costos fijos, costos totales, el valor de la producción y el beneficio neto de los tratamientos estudiados en cada nivel de fertilización.

Existen varios índices y modelos para la evaluación de los sistemas desde un punto de vista económico específico.

El ingreso neto  $\text{ha}^{-1}$  (IN) que es la diferencia entre el ingreso bruto y el costo total  $\text{ha}^{-1}$  es el más usado cuando lo que interesa conocer es el beneficio neto que el agricultor va a recibir por la utilización de todos sus recursos expresados por unidad de tierra. De acuerdo con este criterio, el tratamiento D2, FB (Cuadro 6) que identifica a la asociación de yuca con 2 plantas  $\text{m}^{-2}$  en el nivel bajo de fertilización, es el que alcanzó el mayor IN  $\text{ha}^{-1}$  (¢7193)<sup>1/</sup>. Le siguen la asociación con 1 planta  $\text{m}^{-2}$  con baja fertilización (¢5295  $\text{ha}^{-1}$ ) y el monocultivo de yuca con alta fertilización (¢4698  $\text{ha}^{-1}$ ). En términos económicos, el ordenamiento por ingreso neto apunta a los tratamientos que permitirían una máxima ganancia neta. Sin embargo, los tratamientos seleccionados no necesariamente son los más eficientes en el uso de los recursos ni los de más bajo costo. A veces, la consideración de eficiencia puede ser más importante que ingreso neto.

El agricultor no siempre cuenta con todos los recursos necesarios en el proceso de producción. La escasez en los recursos tierra, mano de obra y capital efectivo son, por lo general, los más corrientes. Por lo anterior, resulta importante evaluar la eficiencia con que estos se emplean. Estas evaluaciones más específicas y bajo diferentes circunstancias se discuten en relación a las Figuras 7, 8 y 9, para lo cual se calcularon varias relaciones (Cuadro 6) que sirvieron para la representación gráfica.

Entre las posibles situaciones en que podemos encontrar a un agricultor, tenemos aquella en que necesita trabajar su tierra para producir

---

<sup>1/</sup> 1 US dólar = ¢8.54 colones costarricenses.

Cuadro 6. Costo total (CT), ingreso bruto (IB), ingreso neto (IN), costo efectivo (CE), CE/1000 IN, N° de jornales/1000 IN de diferentes combinaciones entre maíz y yuca bajo dos niveles de fertilización. Turrialba, Costa Rica, 1979/7/

Tratamiento	8/ CT	IB <sup>1/</sup> maíz	IB <sup>2/</sup> yuca	IB	IN	CE	CE/1000 IN <sup>3/</sup>	N° jornales /ha	N° 4/ jornales /1000 IN	Rendim. <sup>5/</sup> maíz/ 1000 CT	Rendim. <sup>6/</sup> yuca /1000 CT
0	A	9613	0	14311	4698	8538	1817	159	34	0	2294.4
1	A	10555	1368	12097	1542	9430	6115	167	108	61.3	1565.8
2	A	10842	4739	14488	3646	9710	2663	187	51	318	1385.6
3	A	11144	5335	13753	2609	10000	3833	193	74	236.6	1164.0
4	A	11429	6853	14667	3238	10284	3176	201	62	295.7	1053.3
5	A	11420	7820	14440	3020	10274	3407	200	66	313.1	993.5
0	B	9124	0	12663	3539	8097	2288	157	44	0	2138.2
1	B	10094	876	14513	5295	9016	1703	168	32	41.7	2215.2
2	B	10284	4074	17477	7193	9199	1279	181	25	190.6	2007.9
3	B	10678	4859	13978	3300	9581	2903	190	58	218.8	1315.4
4	B	10860	6625	15051	4141	9762	2329	195	47	293	1195.3
5	B	11000	6955	13958	2958	9901	3347	199	67	304	980.6

1/ Precio del maíz = 2080 ton<sup>-1</sup>

2/ Precio de la yuca = 649 ton<sup>-1</sup>

3/ CE/1000 IN: capital efectivo necesario para obtener 1000 de ingreso neto

4/ N°jornales/1000 IN = mano de obra en jornales necesaria para obtener 1000 de ingreso neto

5/ Rendimiento de maíz obtenido por cada 1000 de costo total

6/ Rendimiento de yuca obtenido por cada 1000 de costo total

7/ 0, 1, 2, 3, 4, 5 plantas de maíz m<sup>-2</sup>; FA=120-200-150 y FB=90-200-75 kg ha<sup>-1</sup> de N, P y K respectivamente

8/ 1 US dolar = 8,54 colones costarricenses

el máximo de alimento por unidad de área. Este puede ser el caso de un agricultor que posee muy poca tierra.

En el estudio para evaluar los tratamientos bajo esa condición posible, se empleó el modelo producto-producto. En este modelo, se estima la curva de producción y combinada de los componentes del sistema para una cantidad dada de recursos (isorecurso). El criterio de selección puede ser el UET, RRT, u otro. Como se observa en el Cuadro 5, en el nivel alto de fertilización la asociación de yuca con 5 plantas  $m^{-2}$  de maíz fue el tratamiento más eficiente en la producción de alimento según el RRT. En el nivel bajo, lo fue la asociación de yuca con 2 plantas  $m^{-2}$  de maíz, pero las asociaciones con 4 y 5 plantas  $m^{-2}$  también hicieron un uso eficiente del recurso tierra, según los valores del RRT.

Este análisis provee información sobre sistemas de producción que hacen un uso más eficiente de la tierra, lo que es útil al considerar esta como un factor limitante. Otra forma de evaluar esta eficiencia se basa en el modelo producto-producto, pero seleccionando los tratamientos que maximizan el valor de la producción  $ha^{-1}$ . Esto depende no solo de los rendimientos de los cultivos, sino también de los precios unitarios de los productos.

Las Figuras 7a y b muestran los puntos o combinación de rendimientos de yuca y maíz por hectárea para los seis tratamientos con alta y baja fertilidad respectivamente. La unión de esos puntos es una aproximación a la curva de posibilidades de producción de yuca y maíz  $ha^{-1}$ . Permite además, seleccionar los tratamientos más eficientes en el uso de la tierra medidos en términos de valor de la producción total. Esto se logra moviendo paralelamente la curva de

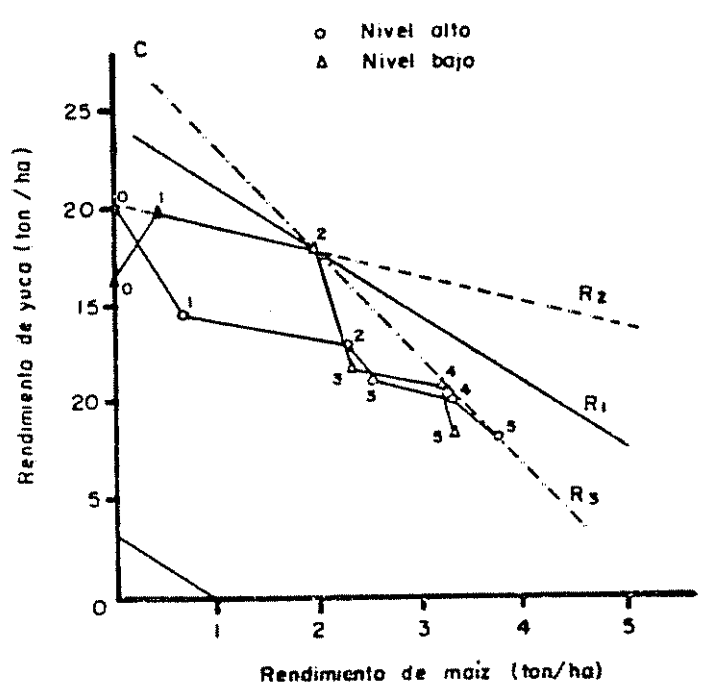
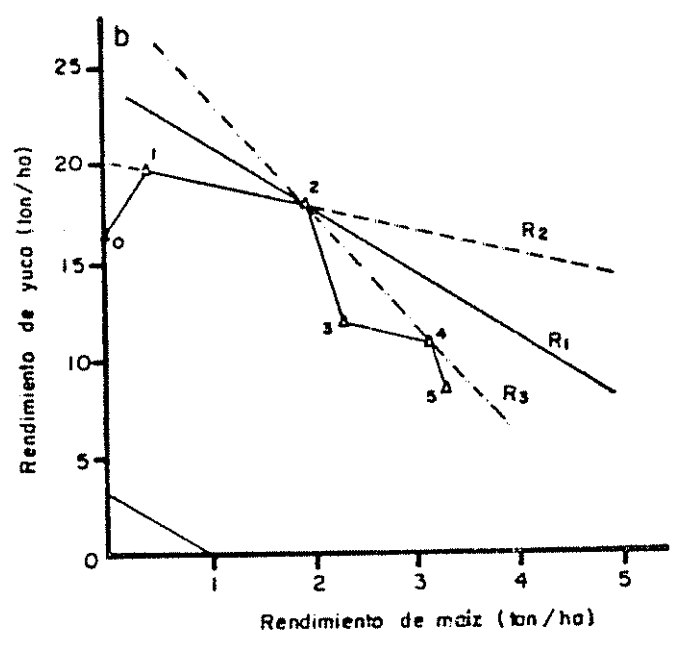
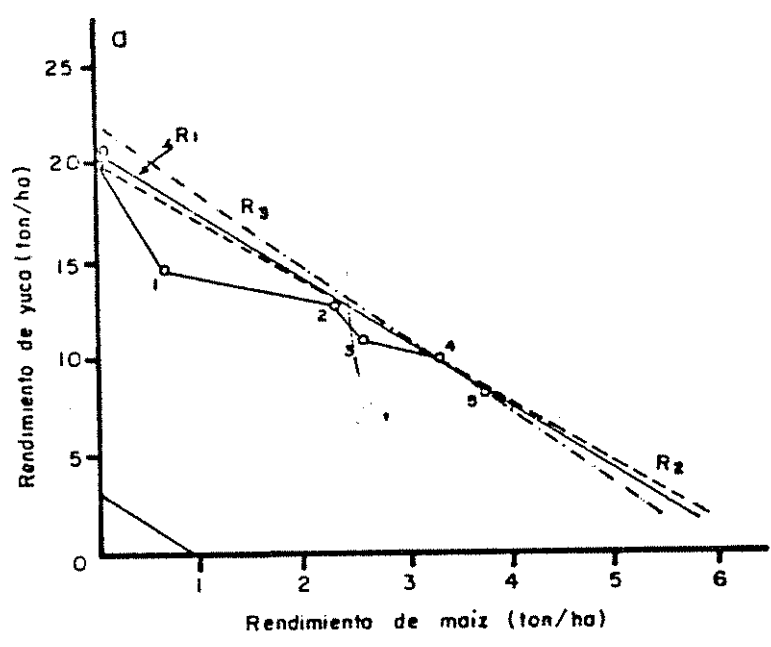


Fig. 7 Combinación de máximo valor en la producción de yuca y maíz: en el nivel alto de fertilización (a), en el nivel bajo (b) y con los dos niveles (c)

isoretorno o combinaciones de maíz y yuca que dan un mismo retorno total (línea oblícua). Dada la relación de precios maíz/yuca al momento del análisis (3, 2), los tratamientos seleccionados serían la asociación de yuca con 4 plantas  $m^{-2}$  de maíz en el nivel alto de fertilización y la asociación de yuca con 2 plantas  $m^{-2}$  en el nivel bajo. Para que otro tratamiento pudiera ser seleccionado, la relación de precios maíz/yuca debe variar. Si el precio de la yuca disminuye y la relación de precios es de 4,8 la línea de isoretorno R3 en el nivel de fertilización alto apunta para el tratamiento D5 (yuca asociada con 5 plantas  $m^{-2}$  de maíz). Si el precio de la yuca aumenta y la relación de precios disminuye a 3,0 la línea de isoretorno R2 apunta al tratamiento D0 (monocultivo de yuca) como la mejor elección en el mismo nivel de fertilización.

Lo anterior indica que la identificación del tratamiento de valor máximo de la producción en el nivel alto de fertilización es muy sensible a un cambio de precio de la yuca.

En el nivel bajo de fertilización la línea de isoingreso R1 que se obtiene con la relación de precios al momento del análisis (3,2) identifica al tratamiento D2 (asociación con 2 plantas  $m^{-2}$ ). Si dicha relación es de 1,1 como consecuencia de un aumento en el precio de la yuca, la línea de isoingreso R2 apunta para el tratamiento D1 (asociación con 1 planta  $m^{-2}$  de maíz). Pero si el precio de la yuca disminuye en un 50% con relación al del momento del análisis y la relación de precios es de 6,4 la línea de isoingreso R3 identifica al tratamiento D4 (asociación con 4 plantas  $m^{-2}$ ) como la mejor alternativa.

Al considerar el conjunto de tratamientos de ambos niveles de fertilización (Figura 7c) y con la relación de precios de 3,2 la

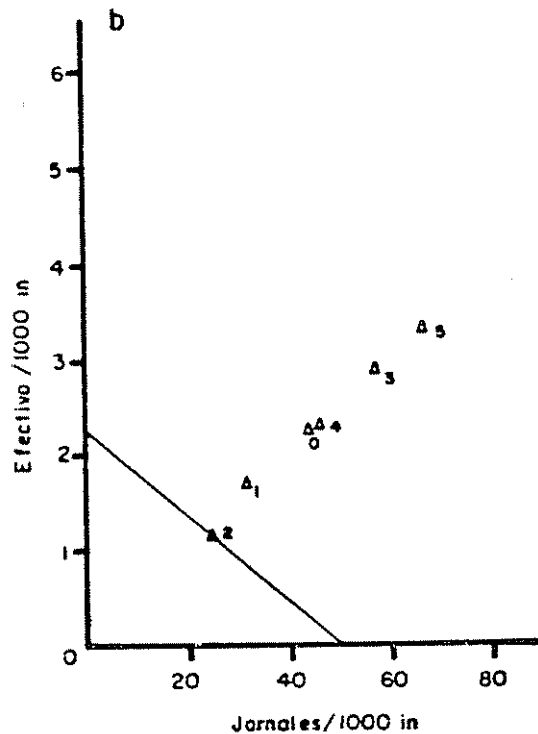
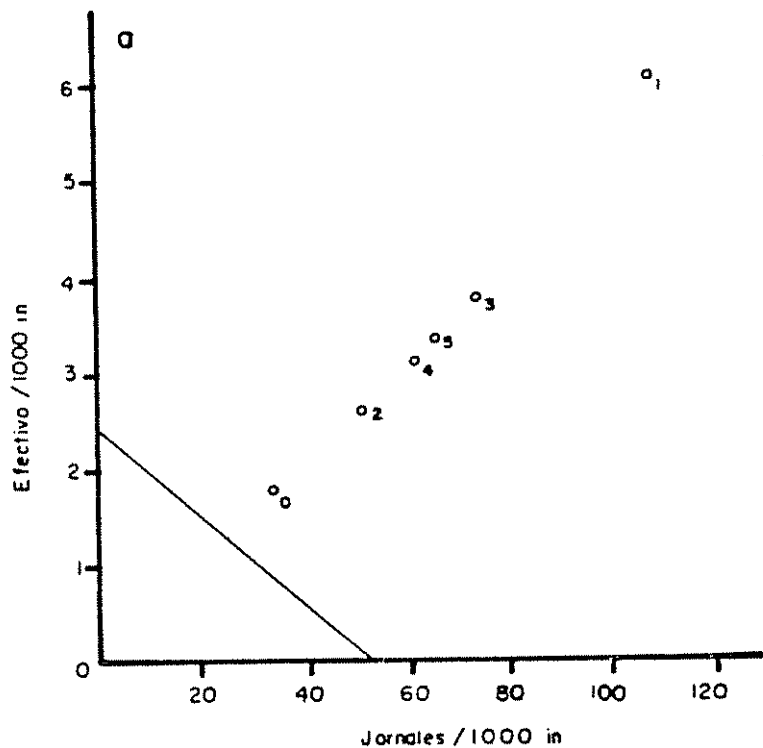


alternativa con mayor valor de la producción es el tratamiento D2 del nivel bajo de fertilización. Si la relación de precios es de 1,1 la elección es para el tratamiento D1 del nivel bajo de fertilización y D0 del nivel alto. Sin embargo, si la relación de precios es de 6,4 la alternativa D5 FA es ligeramente mejor que las alternativas D4 FA y D4 FB.

Otra situación posible de enfrentar por un agricultor es la restricción en el uso de mano de obra o de capital o de ambos en conjunto. Para evaluar sistemas que permitan considerar la eficiencia en el uso de estos recursos se emplea el modelo factor-factor.

Las Figuras 8a y b muestran los puntos de diversas combinaciones de dinero en efectivo y mano de obra que generarían 1000 colones de ingreso neto. Son una aproximación o una isocuanta. Permite seleccionar los tratamientos más eficientes en el uso de esos recursos o de ambos en conjunto. Con la recta de isocosto basada en el precio de la mano de obra, la selección es del tratamiento D0, FA que identifica al monocultivo de yuca en el nivel alto de fertilización. Esto quiere decir que es el sistema que requiere menor inversión combinada de efectivo y mano de obra, como se observa en el Cuadro 6. Nuevamente el monocultivo de yuca es la alternativa deseable con un nivel alto de fertilización y si se mantiene la relación de los recursos existente al momento del análisis.

En el nivel bajo de fertilización (Figura 8b) la asociación de yuca con 2 plantas  $m^{-2}$  nuevamente resultó ser el sistema de cultivo que combinó óptimamente los recursos mano de obra y capital. De acuerdo con los datos del Cuadro 6, es el sistema que requiere menos capital y mano de obra por cada  $\text{Q}1000$  de IN que se produjo. En la



○ Nivel alto  
 ▲ Nivel bajo

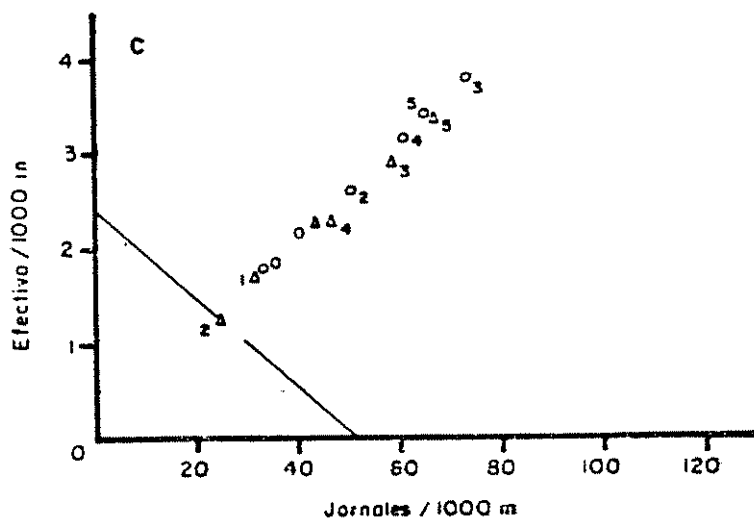


Fig 8 Combinación óptima de los recursos mano de obra y capital de seis sistemas de cultivos con yuca y maíz : en el nivel alto de fertilización (a), en el nivel bajo (b) y con los dos niveles (c)

evaluación conjunta (Figura 8c), el tratamiento más eficiente en el uso de dinero y mano de obra es D2 FB.

Los tratamientos seleccionados se mantendrían iguales para cualquier precio de la mano de obra. Esto indica que dichos tratamientos son claramente superiores en eficiencia del uso de mano de obra y capital.

Cuando lo que interesa al agricultor es conocer cual es la retribución que está recibiendo sobre la inversión total, el modelo producto-producto, permite estimar esta eficiencia. En este caso, se determina la cantidad de cada producto en la asociación que se obtiene con la inversión de una cantidad dada de capital. Su unión tiende a una frontera de producción o de isorecursos. La línea de isoingreso correspondiente a la relación de precios de los productos, ayuda a visualizar gráficamente el tratamiento más eficiente en el uso de la inversión total.

Las Figuras 9a y b muestran las diversas combinaciones de rendimiento de yuca y maíz por 1000 colones de costo total, para los niveles de fertilización alto y bajo, respectivamente. Cada punto representa un tratamiento. Son puntos de isorecursos y se buscan aquéllos que dados esos recursos (cuyo valor es Q1000) produzcan un mayor retorno total. Esto se logra moviendo la recta de isoingreso basada en los precios de la yuca y el maíz. La selección en el nivel alto de fertilización fue el monocultivo de yuca. La eficiencia económica total (Figura 9a) es superior si se siembra solamente yuca. Si ocurre un cambio en la relación de precios como consecuencia de una disminución del precio de la yuca y su valor es de 4,2 la línea de isoingreso R2 en el nivel alto de fertilización identifica a los tratamientos

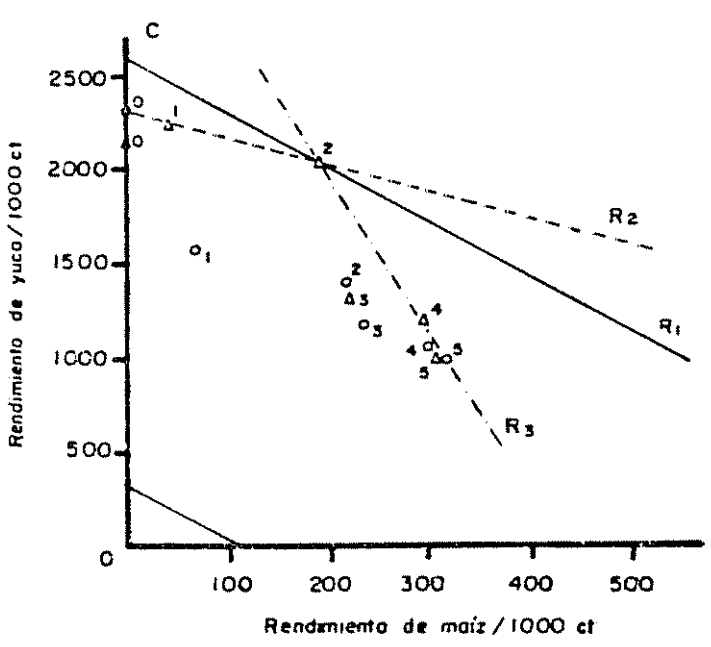
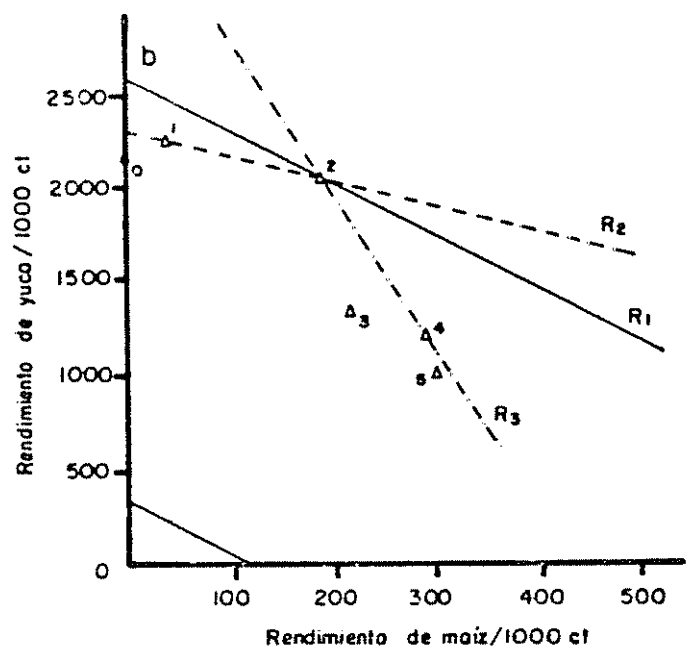
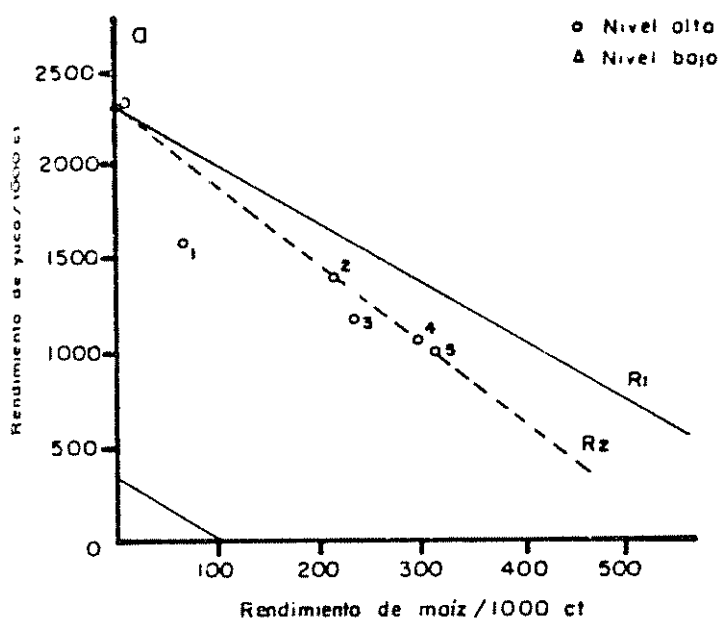


Fig. 9 Eficiencia económica total de seis sistemas de cultivo con yuca y maíz: en el nivel alto de fertilización (a), en el nivel bajo (b) y con los dos niveles (c)

D2, D4 y D5 como las alternativas más eficientes en el uso de la inversión total. De ellas el tratamiento D2 produjo un mayor IN (Cuadro 6).

En el nivel bajo de fertilización (Figura 9b) la asociación de yuca con 2 plantas  $m^{-2}$ , fue la que hizo un uso más eficiente de la inversión total cuando la relación de precios fue de 3,2 (¢2080 por tonelada de maíz y ¢644 por tonelada de yuca). Si esta relación cambia de 3,2 a 8,3 la elección sería por los tratamientos D4 y D5 FB (línea R3) con los que se obtiene menor cantidad de yuca y mayor de maíz. Si el cambio en la relación de precios es al contrario y llega hasta un valor de 1,3 (línea R2) el sistema a elegir es la asociación con 1 planta  $m^{-2}$  de maíz.

En el análisis combinado (Figura 9c) y con la relación de precios existente al momento del análisis, el tratamiento D2, FB que corresponde a la asociación de yuca con 2 plantas  $m^{-2}$  de maíz continúa siendo la mejor alternativa.

Si el precio de la yuca aumenta y la relación de precios con respecto al maíz cambia hasta 1,3 el tratamiento D0, FA que corresponde al monocultivo de yuca en el nivel de fertilización alto también podría ser seleccionado conjuntamente con la asociación de yuca y 1 planta  $m^{-2}$  de maíz del nivel bajo de fertilización.

Se puede ahora concluir que desde el punto de vista de la evaluación agronómica el mejor tratamiento en el nivel alto de fertilización, no coincide con la selección hecha en la evaluación económica, si la relación de precios se mantiene igual al momento del análisis. Sin embargo, en el nivel bajo, tanto desde el punto de vista agronómico

como del económico hay consistencia en la elección del tratamiento que corresponde a la asociación de yuca con 2 plantas  $m^{-2}$  de maíz, siempre con la misma relación de precios (3,2).

## 5. CONCLUSIONES

Según los resultados obtenidos en este trabajo, se pueden establecer las siguientes conclusiones:

- El maíz es un cultivo dominante, o sea posee mayor habilidad competitiva que la yuca, cuando se realiza la siembra simultánea de estos componentes. Esta dominancia se hace evidente, aún a partir de una densidad de siembra del maíz de 1 planta  $m^{-2}$ .
- A medida que aumentan las densidades de siembra del maíz, la dominancia aumenta progresivamente hasta llegar a una disminución de rendimiento de yuca del 50% en densidades entre 4 a 5 plantas  $m^{-2}$ .
- El efecto dominante del maíz sobre la yuca se acentuó conforme aumentó el nivel de fertilidad.
- El rendimiento de la yuca fue mayor en el nivel de 90-200-75 kg  $ha^{-1}$  de N, P, K, mientras que el maíz rindió mejor en el nivel de 120-200-150 kg  $ha^{-1}$  de N, P, K.
- La asociación de yuca con 4 plantas  $m^{-2}$  en el nivel alto de fertilización y la asociación con 2 plantas  $m^{-2}$  en el nivel bajo son las alternativas más eficientes cuando el recurso tierra es limitante.
- El monocultivo de yuca en el nivel alto de fertilización y la asociación con 2 plantas  $m^{-2}$  en el nivel bajo, son los sistemas de cultivo más eficientes en el uso de los recursos mano de obra y capital.

Desde el punto de vista de la eficiencia económica total también fueron los más eficientes.

- La asociación con 2 plantas  $m^{-2}$  en el nivel bajo de fertilización fue de mayor estabilidad en el cambio de la relación de precios de los productos que el monocultivo de yuca en el nivel alto de fertilización.
- El sistema que produjo el mayor ingreso neto por hectárea fue la asociación de yuca con 2 plantas  $m^{-2}$  de maíz en el nivel bajo de fertilización, siguiéndole el monocultivo de yuca en el nivel alto de fertilización. Además, es el más eficiente en el uso de todos los factores de producción considerados independientemente o en conjunto.



## 6. BIBLIOGRAFIA

1. AGUIRRE, V. Estudio de los suelos del área del Centro Tropical de Enseñanza e Investigación. Tesis Mg. Sc. Turrialba, Costa Rica, IICA, 1971. 138 p.
2. ALBU QUERQUE, M. DE. A mandioca na Amazonia. Belén, Brasil, Superintendencia do Desenvolvimento de Amazonia, 1969. 277p.
3. ALDRICH, S. y LENG, E. Producción moderna del maíz. Traducido al español por O. Martínez y P. Leguisamon. Buenos Aires, Hemisferio Sur. 1974. pp 85-126.
4. ALVIM, R. y ALVIM, P. de T. Efecto de densidade de plantio no aproveitamento da energia luminosa pelo milho (Zea mays) e pelo feijao (Phaseolus vulgaris) en culturas exclusivas e consorciadas. Turrialba 19(3):389-393. 1969.
5. ANGULO, R. Fertilización con nitrógeno y potasio de la asociación yuca y maíz en un inceptisol de Turrialba. Tesis Mag. Sc. Turrialba, Costa Rica, UCR/CATIE, 1979. 159 p.
6. ARZE, J.A. Condiciones de radiación solar y otros factores microclimáticos dentro de un cultivo de maíz (Zea mays) a diferentes densidades y orientaciones de surco. Tesis Mag. Sc. Turrialba, Costa Rica, CATIE-UCR, 1975. 111 p.
7. BERGER, J. Maize production and the manuring of Maize, Geneva. Centre de L'Azote. 1962. 67-91 p.
8. BISHOP, C.E. y TOUSSAINT, W.O. Introducción al análisis de economía agrícola. Mexico. LIMUSA. 1977. 262 p.
9. BURGOS, C.F. and MENESES, R. Performance of cropping patterns across a soil texture gradient in Costa Rica. In Annual Meeting of the American Society of Agronomy, 71<sup>st</sup> Fort Collins, Colorado, 1979. Agronomy Abstracts. Madison, Wis. 1979. pp 42.
10. BURITY, H.A. Evaluación agro-económica del efecto del manejo de la vegetación previo a la siembra para los sistemas yuca (Manihot esculenta Crantz) y yuca asociada con frijol (Phaseolus vulgaris L.). Tesis Mag. Sc. Turrialba, Costa Rica, UCR-CATIE. 1979. 141 p.
11. CAMPOS, B. Respuesta del frijol común a la fertilización nitro-fosforada del cultivo intercalado maíz-frijol en suelos de bajo contenido de fósforo en El Salvador. In Reunión Anual del PCCMCA, 22°. Memoria. San José, Costa Rica. 1976. Vol. I.

12. CASTRO, A.M., COCK, J.H. y TORO, J.C. Efecto de la densidad de siembra en el rendimiento de la yuca. In Curso sobre producción de yuca, Cali, Colombia, 1978. Trabajos Ed. Prod. Cali, Colombia, CIAT. 1978. pp 123-128.
13. CENTRO AGRONÓMICO TROPICAL DE INVESTIGACION Y ENSEÑANZA. Memoria Anual 1976-1977. Turrialba, Costa Rica, CATIE. 1977. 166p.
14. \_\_\_\_\_. Sistemas de producción agrícola probados en el Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza, Turrialba: aspectos agronómicos y económicos. In Programa Cooperativo Centroamericano para el Mejoramiento de los Cultivos Alimenticios. Reunión Anual, 22º, San José, Costa Rica, 1976. Memoria. San José, Costa Rica, MAG/IICA. pp k. 1-11.
15. \_\_\_\_\_. Program of Annual Crops. Annual Report 1977-1978. Turrialba, Costa Rica, CATIE. 1978. 76 p.
16. CENTRO INTERNACIONAL DE AGRICULTURA TROPICAL. Informe Anual 1970. Cali, Colombia, CIAT. 1971. 75 p.
17. \_\_\_\_\_. Informe anual 1975. CIAT, Cali, Colombia. 1976.
18. \_\_\_\_\_. Informe anual 1978. CIAT, Cali, Colombia. A87-A89.
19. \_\_\_\_\_. Informe anual 1980. CIAT, Cali, Colombia, pp 34-55.
20. \_\_\_\_\_. Curso sobre producción de yuca. Cali, Colombia, CIAT. 1976. pp 127-139.
21. COCK, J.H. Fisiología de la yuca. In Centro Internacional de Agricultura Tropical. Curso sobre producción de yuca. Cali, Colombia, CIAT. 1976. pp 127-139.
22. \_\_\_\_\_. La adaptabilidad de la yuca. In Curso sobre producción de yuca. Cali, Colombia, CIAT. 1978. pp 42-49.
23. \_\_\_\_\_ and HOWELER, R.H. The ability of cassava to grow on poor soils. In Crop Tolerance to suboptimal land conditions. ASA. Wisconsin 1978, pp 145-154. Special publication number 32.
24. DEVENDRA, C. Cassava as a feed source for ruminants. In Workshop held at the University of Guelph, Guelph, 1977. Proceedings. University of Guelph, 1977. pp 107-120.
25. DIAZ, R.O., PINSTRUP-ANDERSEN, P. y DARIO, R. Costos y utilización de insumos en la producción de yuca en Colombia. CIAT. Serie ES-Nº 5. 1975. 36 p.

26. DIAZ-ROMEU, R. y HUNTER, A. Metodología de muestreo de suelos, análisis químico de suelos y tejido vegetal e investigación en invernadero. Turrialba, Costa Rica, CATIE. Proyecto Centroamericano de fertilidad de suelos, 1978. 62 p.
27. DIAZ, A.D. Respuesta del maíz (Zea mays L.) al nitrógeno, fósforo y potasio en tres localidades de San Carlos. Tesis Ing. Agr. San José, Universidad de Costa Rica, Facultad de Agronomía. 1975. 63 p.
28. EDWARDS, D.C., ASHER, C.S. and WILSON, S.L. Mineral nutrition of cassava with particular reference to adaptation to low fertility conditions. In International Symposium of the Society of Tropical root crops, 4<sup>o</sup>, Cali, Colombia, 1976. Proceedings, Cali, 1977. pp 124-130.
29. ESTRADA, F. Estudio de las necesidades de N y P en maíz en el área de La Mata, Veraguas. In Reunión Anual del PCCMCA, 17<sup>o</sup>. Memoria. Panamá. 1971.
30. FLINN, J.C. Agroeconomic considerations in cassava intercropping research. In Proceedings of an international workshop, Trivandrum, India. 1978. Intercropping with cassava. Ottawa International Development Research Centre, 1979. pp 87-101. (IDRC-142 e).
31. GALLEGOS, R. Evaluación de producción agronómica y biomasa en sistemas de producción que incluyen yuca (Manihot esculenta Crantz) Tesis Mag. Sc. Turrialba, Costa Rica, CATIE-UCR, 1976. 122 p.
32. GAMBOA, J. y BLASCO, M. Dinámica del fósforo en el suelo después de cinco fertilizaciones consecutivas. Turrialba (Costa Rica) 26(2):150-155. 1976.
33. GERODETTI, M. Efectos de la poda y laboreo del suelo sobre el crecimiento y rendimiento de yuca (Manihot esculenta Crantz), asociada con maíz (Zea mays L.) y vainita (Phaseolus vulgaris L.). Tesis Mag. Sc. Turrialba, Costa Rica, UCR-CATIE, 1979. 93 p.
34. GOLDWORTHY, P. Maize physiology. In World wide maize improvement in the 70's and the role for CINMYT. El Batán, Mexico. 1974. Proceedings. Mexico, D.F. 1974. p. irr.
35. GONZALEZ, R. Relaciones entre la morfología de las plantas y la radiación solar dentro de cultivos de maíz, yuca y plátano. Tesis Mag. Sc. Turrialba, Costa Rica, CATIE-UCR, 1976. 102p.
36. HART, R. A bean, corn and manioc polyculture cropping system I. The effect of interspecific competition on crop yield. Turrialba, 25(3):294-301. 1975.

37. HART, R. A bean, corn and manioc polyculture cropping, system. II. A comparison the yield and economic returns from monoculture and polyculture cropping systems. Turrialba 25(4): 377-384. 1975.
38. HOLDRIDGE, L. Ecología basada en zonas de vida. Trad. al español por Humberto Jiménez San. San José, Costa Rica, IICA. 1978. 216 p.
39. INSTITUTO COLOMBIANO AGROPECUARIO. Respuesta de la yuca a la fertilización en parcelas demostrativas. Tibaitatá, Colombia. Centro Nacional de Investigaciones Agropecuarias, 1971. 22p.
40. HOWELER, R.H. La fertilización de la yuca. In Curso sobre producción de yuca, CIAT. Colombia, 1976. pp 150-162.
41. JIMENEZ, L.F. Estudio de absorción de nutrimentos en un agro-sistema de producción de frijol (Phaseolus vulgaris), maíz (Zea mays L.) y yuca (Manihot esculenta Crantz). Tesis Mg. Sc. Turrialba, Costa Rica, UCR-CATIE, 1976. 90 p.
42. KROCHMAL, A. and SAMUELS, G. The influence of N, P, K levels on the growth and tuber development of cassava in tanks. Ceiba 16(2):35-43. 1970.
43. \_\_\_\_\_ and KILBRIDE, B. An unexpensive laboratory method for cassava-starch extraction. Journal of Agriculture of the University of Puerto Rico 50(3):252-253. 1966.
44. LIZARRAGA, N. Evaluación del crecimiento del camote (Ipomoea batatas L.) y su relación con la radiación solar en monocultivo y en asociaciones con yuca (Manihot esculenta Crantz) y maíz (Zea mays L.). Tesis Mg. Sc. Turrialba, Costa Rica, CATIE-UCR, 1976. 102 p.
45. MALAVOLTA, E., GRANER, E.A., COURY, T. et al. Studies on the mineral nutrition of cassava (Manihot utilissima Pohl). Plant Physiology 30(1):81-82. 1952.
46. McINTOSH, J.L. and EFFENDIS, S. Soil fertility implications of cropping pattern and practices for cassava. In Proceedings of an international workshop, Trivandrum, India. 1978. Intercropping with cassava. Ottawa, International Development Research Centre, 1979. pp 77-85. (IDRC-142 e).
47. MOJICA, F.B. Absorción de nutrimentos y producción en la asociación frijol (Phaseolus vulgaris L.), maíz (Zea mays L.) y arroz (Oriza sativa). Tesis Mg. Sc. Turrialba, Costa Rica, UCR-CATIE, 1975. 116 p.
48. MONTALDO, A. Cultivo de raíces y tubérculos tropicales. Lima, IICA, 1972. pp 51-136.

49. MONTALDO, A. La yuca o mandioca. San José, Costa Rica, IICA. 1979. pp 76-100.
50. MORENO, T. Estudio de los niveles de N, P y K en maíz. In Reunión Anual del PCCMCA, 17°. Memoria. Panamá. 1971.
51. MORENO, R.A. and HART, R.D. Intercropping with cassava in Central America. In Proceedings of an international workshop, Trivandrum, India. 1978. Intercropping with cassava, Ottawa, International Development Research Centre, 1979. pp 17-24. IDRC-142 e.
52. \_\_\_\_\_. Algunos criterios para evaluar Sistemas de Producción de Cultivos de Pequeños Agricultores. In Reunión Regional sobre metodología para el desarrollo de alternativas tecnológicas en sistemas de cultivo. Memoria. Cerro Verde, El Salvador. CATIE. Turrialba, 1979. pp 223-256.
53. NAVARRO, L. Evaluación socio-económica de la tecnología en estudio. Turrialba, Costa Rica, CATIE, 1977. 9 p. Documento presentado al Seminario de Sistemas de Producción de Cultivos Anuales, Turrialba, Costa Rica.
54. \_\_\_\_\_. Colección, procesamiento y análisis de información microeconómica generada en experimentos agrícolas en terrenos de agricultores. Turrialba, Costa Rica, CATIE, 1977. Documento preliminar. 31 p.
55. NORTH CAROLINA STATE UNIVERSITY. Soil Science Department. Agronomic Economic Research on Tropical Soils. Annual Report for 1973. pp 94-97.
56. OBJGBESAM, G.O. and FAYEMI, A.A. Influence of nitrogen fertilization in the yield and chemical composition of two cassava cultivars (Manihot esculenta Crantz). Journal of Agricultural Science 86(2):401-406. 1976.
57. OESLIGLE, D.D. Accumulation of dry matter, nitrogen, phosphorus and potassium in cassava (Manihot esculenta Crantz). Turrialba 25(1):85-87. 1975.
58. \_\_\_\_\_, MENESES, R. and McCOLLUM, R.E. Nitrogen response by a corn cassava intercropped system in the Atlantic coast of Costa Rica. In Agronomic-Economic Research on Tropical Soils. Raleigh, North Carolina State University, 1975. pp 197-220.
59. \_\_\_\_\_ and McCOLLUM, R. Soil fertility management in tropical multiple cropping. Multiple Cropping, Madison, Wisc. International Plant Protection Center, Oregon State University, 1976. pp 273-291.

60. ORTIZ, R. Metodología de investigación y análisis utilizados para generar recomendaciones en el uso de fertilizantes y densidades de población de maíz en Quetzaltenango y Totonicapán. In Reunión Anual del PCCMCA, 24°. Memoria. San Salvador, El Salvador. 1978. Vol. II.
61. PARIJS, A.V. Rotations des plantes vivrières dans la region de Nioka (Haut-Itari). Bulletin Agrícola du Congo Belge 48(6): 1515-1544. 1957.
62. PERRIN, R.K., WINKELMANN, D.L., MOSCARDI, E.R. y ANDERSON, J.R. Formulación de recomendaciones a partir de datos agronómicos. Un manual metodológico de evaluación económica. Mexico, CIMMYT. 1976. 54 p.
63. PINCHINAT, A.M. Rendimiento potencial de la yuca (Manihot esculenta Crantz) en la zona de Turrialba, Costa Rica. In American Society for Horticultural Science. Tropical region. Annual Meeting, 21a, San José, Costa Rica, 1973. Proceedings. Ed. by D. Ríos-Castaño. Cali, Colombia, 1973. pp 367-372.
64. RAMIREZ, G. y GUZMAN, P. Efecto de diferentes dosis de cal y fósforo en la producción de maíz. In Reunión Anual del PCCMCA 22°. Memoria. San José, Costa Rica, 1976. Vol. II.
65. SANCHEZ, C.H. La planta de maíz. In Curso Intensivo sobre Principios Generales de Control Integrado de Plagas y Enfermedades con énfasis en Maíz y Soya, Lima. 1978. Principios generales de control integrado de plagas y enfermedades con énfasis en maíz y soya. Lima, Ministerio de Agricultura y Alimentación, 1978. v.3.
66. SANTOS, M.A. DOS. Evaluación biológica de agrosistemas basados en el cultivo de yuca (Manihot esculenta Crantz) y su rentabilidad económica. Tesis Mag. Sc. Turrialba, Costa Rica, UCR-CATIE, 1976. 172 p.
67. SHENK, M., JOHNSTON, D. y LOCATELLI, E. Evaluación económica de sistemas de producción para pequeños agricultores: el caso de retribución a los factores limitantes. In Reunión Anual del PCCMCA, 24a., San Salvador, 1978. Memoria. San Salvador, CENTA, 1978. V3. pp. m51/1.
68. SOLORZANO, N. Efectos del cultivo de yuca (Manihot esculenta) sobre los nutrimentos del suelo. Tesis Ing. Agr. San José, Costa Rica, Universidad, Facultad de Agronomía, 1975. 101p.
69. SORIA, J., PINCHINAT, A.M., PAEZ, G., MATEO, N., MORENO, R., FARGAS, J. y FORSYTHE, W. Investigación sobre sistemas de producción agrícola para el pequeño agricultor del trópico. Turrialba 25(3):283-293. 1975.

70. TRENBATH, B.R. Plant interactions in mixed crop communities. In American Society of Agronomy. Multiple cropping. Madison, Wisconsin. ASA. Special publication number 27. 1979. pp 129-170.
71. THOMPSON, R. and WHOLEY, D.W. A guide for cassava field trials. Cali, Colombia. CIAT. 1972.
72. THUNG, H. y COCK, J.H. La yuca como cultivo principal en un sistema de cultivo múltiple. In Curso de producción de yuca, Cali, Colombia, 1978. Cali, Colombia. Centro Internacional de Agricultura Tropical, 1978. pp 322-334.
73. TOBON, J.H. Algunos aspectos sobre investigación agronómica en cultivos asociados. Colombia. Publicación mimeografiada. 1975. 27 p.
74. TORO, J.C. Sugerencias para la conducción de pruebas regionales. In Curso de producción de yuca, Cali, Colombia, 1978. Centro Internacional de Agricultura Tropical, 1978. pp 341-357.
75. WEBER, E., NESTEL, B. and CAMPBELL, M. eds. Intercropping with cassava. International workshop held at Trivandrum, India. 1978. Ottawa, International Development Research Centre. 1979. 143 p.
76. WEE YONG, CH. Varieties and N P K fertilizers for tapioca (*Manihot utilissima* Pohl) on peat. Malasian Agricultural Journal 47(4):483-491. 1970.
77. WILLEY, R.W. Intercropping. Its importance and research needs. Part 1. Competition and yield advantages. Field Crop Abstracts 32(1):1-10. 1979.
78. \_\_\_\_\_. Intercropping. Its importance and research needs. Part 2. Agronomy and Research Approaches. Field Crop Abstracts 32(2):73-85. 1979.
79. ZANDSTRA, H.G. Cassava intercropping research: Agroclimatic and biological interactions. In Proceedings of an international workshop, Trivandrum, India. 1978. Intercropping with cassava. Ottawa. International Development Centre, 1979. pp 67-75. (IDRC-142 e).

APENDICE





Cuadro A2. Condiciones climáticas promedio durante el período experimental (junio 1978 a junio 1979). Turrialba, Costa Rica. 1979

	1978												1979													
	J	J	A	S	O	N	D	E	F	M	A	M	J	J	J	A	S	O	N	D	E	F	M	A	M	J
Temperatura °C																										
Máxima	27.4	27.5	27.3	27.5	27.4	27.0	27.0	26.5	26.3	27.5	26.9	28.2	27.8	27.4	27.5	27.3	27.5	27.4	27.0	27.0	26.5	26.3	27.5	26.9	28.2	27.8
Mínima	18.6	18.6	18.7	18.6	18.6	18.8	17.0	15.8	16.5	17.0	19.5	19.2	19.2	18.6	18.6	18.7	18.6	18.6	18.8	17.0	15.8	16.5	17.0	19.5	19.2	19.2
Media	23.0	23.0	23.0	23.0	23.0	22.9	22.0	21.2	21.4	22.3	23.2	23.7	23.5	23.0	23.0	23.0	23.0	23.0	22.9	22.0	21.2	21.4	22.3	23.2	23.7	23.5
Precipitación (mm)	252.7	244.1	173.3	221.7	234.8	312.3	150.8	42.7	47.4	51.0	373.5	705.0	212.1	252.7	244.1	173.3	221.7	234.8	312.3	150.8	42.7	47.4	51.0	373.5	705.0	212.1
Evaporación (mm) <sup>1/</sup>																										
total mensual	99.2	93.2	99.9	100.0	105.2	95.1	100.3	109.8	100.9	138.1	82.6	125.5	100.7	99.2	93.2	99.9	100.0	105.2	95.1	100.3	109.8	100.9	138.1	82.6	125.5	100.7
Humedad relativa (%)	91	92	90	91	91	90	90	87	91	88	95	89	91	91	92	90	91	91	90	90	87	91	88	95	89	91
Radiación																										
Mensual cal/cm <sup>2</sup> /mes	11370	11160	12222	12228	12561	11032	11682	12069	12749	13842	10200	13431	8907(1-24) <sup>2/</sup>	11370	11160	12222	12228	12561	11032	11682	12069	12749	13842	10200	13431	8907(1-24) <sup>2/</sup>
Promedio diario cal/cm <sup>2</sup> /día	379	360	394.3	407.6	405.2	369.4	376.8	389.3	383.9	446.1	340.0	433.2	387.5	379	360	394.3	407.6	405.2	369.4	376.8	389.3	383.9	446.1	340.0	433.2	387.5

Fuente: Estación meteorológica del Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza. Turrialba, Costa Rica

1/ Evaporación del Tanque estándar tipo A

2/ Valor correspondiente al período indicado

Cuadro A3. Condiciones climáticas, promedio de la región de Turrialba, Costa Rica, desde la iniciación de las observaciones hasta el año 1979.

	J	J	A	S	O	N	D	E	F	M	A	M	Nº años de observaciones
Temperatura °C													
Máxima	27.8	27.1	27.4	27.8	27.6	26.6	25.9	25.7	26.0	26.9	27.3	27.4	22
Mínima	18.6	18.4	18.3	18.2	18.2	18.0	16.9	16.2	16.2	16.8	17.6	18.4	22
Media	23.2	22.8	22.8	23.0	22.9	22.3	21.4	21.0	21.1	21.8	22.4	22.9	22
Precipitación (mm)	287.9	278.7	240.8	252.1	244.7	277.5	329.7	172.7	136.1	68.3	133.6	218.5	36
Evaporación (mm) <sup>1/</sup>													
Total mensual	89.1	79.4	92.8	92.8	98.0	79.0	76.6	63.8	85.8	116.3	112.6	107.8	22
Humedad relativa (%)	68.6	90.0	89.9	88.2	88.7	99.5	88.8	86.8	84.6	84.6	85.0	86.9	23
Radiación Mensual cal/cm <sup>2</sup> /mes	12584	12597	13967	13959	14175	11965	12004	12088	14596	14420	14420	14387	16
Promedio diario cal/cm <sup>2</sup> /dia	419.5	409.5	451.4	466.9	441.2	378.1	388.7	389.7	432.3	471.1	477.0	467.2	16

Fuente: Estación meteorológica del Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza. Turrialba, Costa Rica.

<sup>1/</sup> Evaporación del tanque Estándar tipo A.

Cuadro A4. Clasificación, características físicas y químicas del suelo en el área experimental, Turrialba, Costa Rica, 1979

---

Origen:	Aluvial, fluvio lacustre
Orden:	Inceptisol
Suborden:	Tropepts
Gran grupo:	Dystropepts
Subgrupo:	Typic Dystropepts
Familia:	Fine, mixed, isohyperthermic
Serie:	Instituto, fase normal
Clase textural:	Franco arcilloso
Drenaje:	Pobre a imperfecto
Topografía:	Plana a casi plana
Pendiente:	0-3%
Densidad aparente:	Baja
Materia orgánica:	Alto contenido
Relación C/N:	Mediana
pH:	de fuertemente ácido (5.1 a 6.0) a medianamente ácido (5.6-6.0)
Fertilidad:	Mediana a baja
CIC:	Moderadamente alta

---

Cuadro A5. Características químicas del suelo antes de la siembra del ensayo. Turrialba Costa Rica, 1979.

Repeticiones	Prof (cm)	pH en agua	µg/ml p	meq/100ml suelo			
				Ca	Mg	K	Acidez extraíble
I	0-20	5.2	6.5	4.0	1.38	0.29	1.0
	20-40	5.1	4.5	3.5	1.03	0.11	1.2
II	0-20	5.4	11.5	5.7	1.64	0.47	0.5
	20-40	5.4	8.2	6.1	1.52	0.33	0.4
III	0-20	5.1	8.5	2.5	0.97	0.28	2.1
	20-40	5.0	5.0	2.8	0.93	0.14	1.7
IV	0-20	5.3	6.5	4.0	0.98	0.16	1.1
	20-40	5.2	3.5	3.7	1.33	0.06	0.6
V	0-20	5.2	7.5	3.1	1.24	0.29	1.6
	20-40	5.0	5.0	3.3	1.09	0.14	1.3

Cuadro A6. Características químicas del suelo a la cosecha del maíz y a la yuca. Turrialba, Costa Rica, 1979.

Trata- miento	pH en agua		µg/ml P		meq/100 ml de suelo						Acidez Extraíble	
	M	Y	M	Y	Ca		Mg		K		M	Y
					M	Y	M	Y	M	Y		
1	5.5	5.5	12.6	9.1	3.9	3.5	1.4	1.2	0.4	0.4	0.9	1.0
2	5.4	5.3	13.1	10.1	4.1	3.7	1.3	1.0	0.5	0.4	1.1	1.1
3	5.3	5.3	11.7	8.9	4.0	3.5	1.5	1.2	0.5	0.5	1.1	1.2
4	5.3	5.4	13.5	9.9	3.9	3.5	1.3	1.1	0.4	0.4	1.2	1.2
5	5.4	5.5	12.7	9.6	4.6	4.1	1.3	1.1	0.4	0.4	0.9	0.8
6	5.4	5.3	12.2	8.7	4.3	3.8	1.3	1.2	0.5	0.5	0.9	0.9
7	5.3	5.5	12.7	8.7	4.2	3.6	1.4	1.1	0.4	0.4	0.9	1.0
8	5.3	5.5	12.1	9.7	3.9	3.4	1.3	1.1	0.4	0.3	1.3	1.0
9	5.4	5.3	13.0	9.5	3.9	3.8	1.3	1.3	0.5	0.4	1.0	0.9
10	5.2	5.4	12.6	9.9	3.7	3.5	1.2	1.1	0.4	0.3	1.4	1.3
11	5.3	5.6	12.6	9.5	4.0	3.9	1.3	1.1	0.4	0.3	1.0	1.0
12	5.4	5.5	12.9	10.1	4.6	3.9	1.3	1.1	0.3	0.3	0.9	0.9

M = a la cosecha del maíz

Y = a la cosecha de la yuca

Cuadro A7. Promedio de las variables agronómicas de yuca en los dos niveles de fertilización. Turrialba, Costa Rica. 1979.

Trat.	D*	F	Peso raíces comerc. kg ha <sup>-1</sup>	Peso raíces no comerc. kg ha <sup>-1</sup>	Peso promedio raíces total/comerc. g	N° raíces total/ parcela	N° raíces comerc. / parcela	N° raíces no comerc. / parcela	N° raíces / parcela	N° tallos total / parcela	N° tallos promedio / planta	Altura planta total cm	Altura a la 1a. ramif. cm	Diam. tallo prom. cm.	Largo raíces comerc. cm
0	A	A	20231.4	1824.1	416	179	130	49	6.6	48	1.8	239	144	2.15	24
1	A	A	14722.2	1805.6	351	142	96	46	5.7	42	1.7	244	157	2.36	33
2	A	A	12847.2	2175.9	416	142	91	52	5.4	48	1.8	251	166	2.17	33
3	A	A	11074.0	1898.1	306	136	83	53	5.3	45	1.7	255	182	2.13	34
4	A	A	10046.3	1990.7	313	128	77	51	5.0	42	1.6	257	193	2.0	31
5	A	A	8379.6	1870.4	274	115	64	51	4.5	38	1.5	251	182	2.03	33
Promedio			12883.5	1927.5	346.1	140.2	90	50.2	5.4	43.5	1.7	249.5	170.5	2.14	33.1
0	B	B	16249.9	3259.3	492	165	101	64	6.2	46	1.7	238	143	2.18	36
1	B	B	19768.5	2592.6	380	187	124	63	7.3	42	1.6	253	165	2.15	36
2	B	B	17731.5	2824.1	329	173	95	79	6.7	48	1.9	267	172	2.06	33
3	B	B	11805.5	2240.7	280	140	88	52	5.5	42	1.6	259	182	2.13	34
4	B	B	10666.6	2314.8	290	141	79	62	5.4	44	1.7	271	198	2.03	30
5	B	B	8425.9	2361.1	320	124	68	57	4.9	43	1.7	261	187	1.95	32
Promedio			14108.0	2598.8	348.4	155.0	92	62.7	6.0	44.1	1.7	258.2	174.6	2.08	33

D\* = Densidad de maíz en miles de plantas ha<sup>-1</sup>

F = Nivel de fertilización alto (A) o bajo (B)

Cuadro N8. Cuadrados medios, coeficientes de variación y promedios de las variables agronómicas de yuca para los distintos tratamientos.

P V	Peso raíces comerc. kg ha <sup>-1</sup>	Peso raíces no comerc. kg ha <sup>-1</sup>	Peso Promedio raif. com. g	N° raíces total	N° raíces comerc./ parcela	N° raíces no comerc. /parcela	N° raíces planta	N° tallos total	N° tallos prom./ planta	Altura de planta cm	Altura a la ramif. cm	Diam. tallo cm	Largo raíces comerc. cm	Diam. raíces comerc. cm
	Tratamientos	7.00**	79.99	17680.4	2110.8**	1604.15**	333.0	2.76**	39.91 <sup>NS</sup>	0.04 <sup>NS</sup>	431.66**	1274.3**	0.05**	11.7*
Densidades de maíz (A)	12.77**	33.47	31941.3**	3254.0**	2049.58*	164.04	4.16**	69.44	0.07	675.67**	2740.5**	0.08**	20.2**	0.22
Niveles de fertiliz. (B)	1.80	540.76**	63.91	2655.2**	65.33	1887.52**	4.4.**	3.52	0.01	892.69*	202.5	0.03	2.2	0.03
Interac. A x B	2.28	34.35	6942.8	858.0	666.48	191.07	2.25	17.67	0.02	95.44	22.5	0.02	5.2	0.09
Error	2.13	38.64	63.91	417.0	430.22	200.87	0.46	45.45	0.04	127.77	123.7	0.01	4.5	0.14
C.V.	34.2	27.5	21.2	13.8	22.8	25.1	11.9	15.4	12.4	4.5	6.4	5.8	6.4	8.2
$\bar{X}$	13495.0	2263.11	347.3	147.6	91.17	54.44	5.71	4913.0	1.69	253.85	172.6	2.111	32.32	4.01
DMS a 1% (A)	5999.6	808.8	95.84	26.58	26.98	18.44	0.89	8.77	0.26	14.71	14.47	0.16	2.76	0.49
DMS a 5% (A)	4042.0	544.9	64.57	17.9	18.18	12.42	0.60	5.91	0.18	9.91	9.75	0.11	1.86	0.33



Cuadro 11. Cuadros medios, coeficientes de variación y promedios de las variables agronómicas de maíz para los distintos tratamientos.

F.V.	# plantas	# mazor- cas sanas	# mazor- cas dañadas	# mazor- cas total	% mazor- cas sanas	% mazor- cas daña- das	Largo mazorcas (cm)	Peso Promedio	Peso total 12% kg/ha 1/ 1
Tratamientos	7101.6 <sup>***</sup>	5234.2 <sup>**</sup>	107.39 <sup>***</sup>	6802.7 <sup>***</sup>	89.9 <sup>*</sup>	84.1 <sup>*</sup>	1.54 <sup>NS</sup>	0.095 <sup>NS</sup>	5042059.93 <sup>***</sup>
Densidades de raíz (A)	15945.1 <sup>***</sup>	11747.5 <sup>***</sup>	196.7 <sup>***</sup>	15278.8 <sup>***</sup>	41.5	54.4	2.93 <sup>NS</sup>	0.027 <sup>NS</sup>	1115.0 <sup>***</sup>
Niveles de fertilización (B)	36.1	81.2	42.0	3.6	319.7 <sup>***</sup>	226.7 <sup>*</sup>	1.26	0.196	685512.57
Interacción	24.3	9.29	34.4	26.22	80.9	78.2	0.23	0.138	26020.47
Error	35.0	49.4	21.2	53.3	34.3	35.8	1.19	0.122	356014.52
C.V.	8.1	11.2	42.6	9.8	8.9	26.1	6.9	21.3	25.1
$\bar{x}$	73.4	62.8	10.8	74.5	66.01	22.9	15.8	1.64	
DMS (A) 1%	7.95	9.42	6.18	9.79	7.849	3.03	1.46	0.469	799.83
DMS (A) 5%	5.28	6.26	4.11	6.51	5.217	5.33	0.97	0.312	531.63

1/ Promedio de los dos niveles de fertilización.

Cuadro A10. Peso seco en gramos de hojas, tallos, raíces y total de plantas de yuca muestreada a los 360 días, de tres plantas de maíz muestreado a los 100 días y peso seco total del sistema.

Tratamiento	Hojas y Pecíolos	Tallos y Ramas	Raíces	Total	Peso Seco de Maíz	Peso seco total del sistema	
D	F						
0	A	329,4	3215,0	3165,3	6709,7	0	6709,7
1	A	207,6	2286,2	1892,2	4386	292,1	4678,1
2	A	294,3	2752	2302,3	5348,6	180,4	5529,0
3	A	247,3	2356,6	1641	4244,9	188,2	4433,1
4	A	206,8	2239,9	1479,9	3926,6	221,0	4147,7
5	A	182,8	2177,2	1177	3536,9	196,1	3733,0
0	B	232,2	3292	2658,1	6192,6	0	6192,6
1	B	310,8	3067,7	2106,2	5484,7	280,4	5765,1
2	B	264,6	3826,7	2111,3	6202,7	245,3	6448
3	B	229,5	3770,2	1504,6	4104,3	174,8	4279,1
4	B	172,2	2391,6	1487	4050,8	299,5	4280,3
5	B	226,5	2361,2	1318,4	3906,1	140,2	4046,3

Cuadro A11. Mano de obra utilizada en horas-hombre/ha en seis sistemas con yuca y maíz en dos niveles de fertilización. Turrialba, Costa Rica, 1979.

Concepto	NIVEL ALTO										NIVEL BAJO				
	Yuca sola	Y+M <sub>10</sub>	Y+M <sub>20</sub>	Y+M <sub>30</sub>	Y+M <sub>40</sub>	Y+M <sub>50</sub>	Yuca sola	Y+M <sub>10</sub>	Y+M <sub>20</sub>	Y+M <sub>30</sub>	Y+M <sub>40</sub>	Y+M <sub>50</sub>			
Mecanización	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14			
Corte estacas yuca	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16			
Siembra yuca	158	158	158	158	158	158	158	158	158	158	158	158			
Siembra maíz	0	62:30	100	137:30	150	150	0	62:30	100	137:30	150	150			
Control insectos	50	29:56	94:16'	108:9'	108:9'	108:9'	50	29:56'	94:16'	108:9'	108:9'	108:9'			
Combate malezas	162	181	184:45'	200:39'	197:19'	201:25'	151:11'	170:25'	173:01'	173:01'	179:40'	190:26'			
Fertilización	52:08'	52:8'	52:8'	52:8'	52:8'	52:8'	41:9'	41:9'	41:9'	41:9'	41:9'	41:9'			
Cosecha yuca	500:00'	488:13'	459:03'	418:30'	436:49'	416:49'	500:19'	496:33'	446:33'	436:33'	441:46'	432:00'			
Cosecha maíz		22:34'	43:12'	57:32'	73:5'	86:15		19:5'	44:45'	55:33'	61:24'	83:19'			
Subtotal (A)	952:08'	1001:47'	1121:24'	1157:50'	1205:30'	1020:46'	945:39'	1007:37'	1087:44'	1139:55'	1170:08'	1193:03'			
No. jornales/ha <sup>1/</sup>	159	167	187	193	201	200	157	168	181	190	195	199			

1 jornal= 6 horas

Cuadro A12. Costos fijos para seis sistemas con yuca y maíz en dos niveles de fertilización. Turrialba, Costa Rica, 1979.

Concepto	NIVEL ALTO					NIVEL BAJO						
	Yuca sola	Y+M <sub>10</sub>	Y+M <sub>20</sub>	Y+M <sub>30</sub>	Y+M <sub>40</sub>	Y+M <sub>50</sub>	Yuca sola	Y+M <sub>10</sub>	Y+M <sub>20</sub>	Y+M <sub>30</sub>	Y+M <sub>40</sub>	Y+M <sub>50</sub>
Renta de la tierra	600	600	600	600	600	600	600	600	600	600	600	600
Interés sobre la inversión	455	477	484	496	497	498	407	430	437	449	450	451
Depreciación	20	48	48	48	48	48	20	48	48	48	48	48
Subtotal D	1075	1125	1132	1144	1145	1146	1027	1078	1085	1097	1098	1099

Cuadro A13. Costos de mecanización e insumos de seis sistemas con yuca y maíz en dos niveles de fertilización. Turrialba, Costa Rica, 1979.

Concepto	NIVEL ALTO						NIVEL BAJO					
	Yuca sola	Y+M <sub>10</sub>	Y+M <sub>20</sub>	Y+M <sub>30</sub>	Y+M <sub>40</sub>	Y+M <sub>50</sub>	Yuca sola	Y+M <sub>10</sub>	Y+M <sub>20</sub>	Y+M <sub>30</sub>	Y+M <sub>40</sub>	Y+M <sub>50</sub>
Mecanización (B)	700	700	700	700	700	700	700	700	700	700	700	700
Insumos (C)												
Semilla yuca	417	417	417	417	417	417	417	417	417	417	417	417
Semilla maíz	0	9	18	31	37	43	0	9	18	31	37	43
Fertilizante	1615	1615	1615	1615	1615	1615	1298	1298	1298	1298	1298	1298
Insecticidas	136	278	312	381	381	381	136	278	312	381	381	381
Herbicidas	165	165	165	165	165	165	165	165	165	165	165	165
Subtotal B+C	2333	3184	3227	3309	3315	3321	2716	2867	2910	2992	2998	3004

Cuadro A14. Costos totales en colones/ha de seis sistemas de cultivo con yuca y maíz en dos niveles de fertilización. Turrialba, Costa Rica, 1979.

	NIVEL ALTO						NIVEL BAJO					
	Yuca sola	Y+M <sub>10</sub>	Y+M <sub>20</sub>	Y+M <sub>30</sub>	Y+M <sub>40</sub>	Y+M <sub>50</sub>	Yuca sola	Y+M <sub>10</sub>	Y+M <sub>20</sub>	Y+M <sub>30</sub>	Y+M <sub>40</sub>	Y+M <sub>50</sub>
1/ Mano de obra	5504	6246	6483	6692	6969	6953	5380	6149	6288	6590	6765	6897
Mecanización	700	700	700	700	700	700	700	700	700	700	700	700
Materiales	2333	2484	2527	2608	2614	2621	2016	2167	2211	2292	2298	2304
Costos fijos	1075	1125	1132	1144	1145	1146	1027	1078	1085	1097	1098	1099
Costos totales	9613	10555	10842	11144	11429	11420	9124	10094	10284	10678	10860	11000

1/ 1 jornal= ₡46.25

Cuadro A15. Rendimiento en TM/ha, valor de la producción y beneficio neto de los tratamientos estudiados. Turrialba, Costa Rica, 1979.

	120-200-150										90-200-75				
	Yuca sola	Y + M <sub>10</sub>	Y + M <sub>20</sub>	Y + M <sub>30</sub>	Y + M <sub>40</sub>	Y + M <sub>50</sub>	Yuca sola	Y + M <sub>10</sub>	Y + M <sub>20</sub>	Y + M <sub>30</sub>	Y + M <sub>40</sub>	Y + M <sub>50</sub>			
Rendimiento Yuca ajust. a Raíces com.	22	16	15	13	12	10	19	22	21	14	13	11			
Ingreso Bruto	14311	10729	9749	8418	7814	6620	12663	14513	13403	9119	8425	7003			
Rendimiento maíz	---	657	2279	2565	3295	3759	---	421	1959	2336	3185	3344			
Ingreso bruto	---	1368	4739	5335	6853	7820	---	876	4074	4859	6626	6955			
Ingreso total	14331	12096	14488	13753	14667	14440	12663	15389	17477	13978	15050	13958			
Costo total	9613	10555	10842	11144	11429	11420	9124	10094	10284	10678	10860	11000			
Ingreso Neto	4698	1541	3646	2609	3238	3020	3539	5295	7193	3300	4190	2958			